

# HULeveden hallinta kaupunkiVALuma-aluelähtöisessä TUrvallisuussuunnittelussa

HULVATTU-hanke

Salla Leppäkoski & Anu Koponen (toim.)



Loppuraportti (ESAELY/160/2021)



# Sisällys

<b>1. Johdanto</b> .....	<b>8</b>
<b>2. Water Shed Safety Plan (WSSP) – kaupunkivaluma-alueiden hulevesiriskin hallinta</b> .	<b>10</b>
2.1 WSSP:n tausta .....	12
2.2 Kaupunkivaluma-alueiden erityisluonne.....	16
2.3 WSSP kaupunkisuunnittelun ohjauksessa.....	17
2.4 Riskialueiden määrittelystä suunnittelun ohjaukseen .....	20
<b>3. Nykytilan kartoitus</b> .....	<b>24</b>
3.1 Kuntien hulevesien hallinnan nykytila.....	25
3.2 Työpajasarja kuntaorganisaatioiden kanssa .....	29
3.3 Rakennettujen hulevesikohteiden havainnointi .....	41
<b>4. Toimivuuden ääritilanteet</b> .....	<b>46</b>
4.1 Kasvipeitteisen imeytysrakenteen toiminta.....	47
4.2 Hulevesien käsittely Karanojan jätteenkäsittelyalueella.....	52
4.3 Hulevesien hallinta Ämmässuon biosuodatusalueella .....	57
<b>5. Kertarakenteet</b> .....	<b>65</b>
5.1 Kertasuodatuskokeissa käytetyt materiaalit .....	66
5.2 Kertasuodatusrakenteiden suodatinmateriaalikokeet .....	70
5.3 Työmaavesien kiintoaineksen vähentämispotentiaali .....	75
<b>6. WSSP:n laatimisen vaiheet</b> .....	<b>81</b>
6.1 Kaupunkivaluma-alueen määrittely .....	84
6.2 Maankäyttöluokkien ja muutosalueiden määrittely .....	92
6.3 Biofyysiset riskitekijät.....	99
6.4 Ihmisen toiminnan aiheuttamat riskit.....	104
<b>7. Viestintä</b> .....	<b>110</b>
<b>8. Jatkokehittelyn aiheita</b> .....	<b>112</b>
<b>Liitteet</b> .....	<b>114</b>

## Käytetyt termit

### Biosuodatus (biopidätys, sadepuutarha)

Imeytyspainanne, jossa pinnassa oleva kasvillisuus ja sen alla olevat erilaiset maa-aineskerrokset keräävät, suodattavat ja imeyttävät hulevesiä maaperään tai edelleen johdettavaksi hulevesijärjestelmään. Suodatuksen yhteydessä hulevedestä pidättyy erityisesti kiintoainesta ja siihen sitoutuneita epäpuhtauksia.

### Collaborative learning – yhteistoiminnallinen oppiminen

Yhteistoiminnallinen oppiminen tarkoittaa aktiivista ja vuorovaikutteista ryhmässä tapahtuvaa oppimista oppimistavoitteiden saavuttamiseksi.

### FOSS4G (Free and Open-Source Software for Geospatial)

Kokoelma avoimen lähdekoodin paikkatietojärjestelmiä.

### GRASS, GRASS GIS (Geographic Resources Analysis Support System)

Avoimen lähdekoodin paikkatieto-ohjelmisto. Ohjelmistoa voidaan käyttää geospaatialisen aineiston hallintaan, analysointiin, temporaalisspatiaaliseen mallintamiseen ja visualisointiin sekä taittamiseen.

### GDAL

Kirjasto erimuotoisten rasteri- ja vektoripaikkatietoformaattien käsittelyn mahdollistamiseksi.

### Hulevesi

Rakennetuilla alueilla maan pinnalta, rakennuksen katolta ja muista vastaavista paikoista pois johdettavaa sade- tai sulamisvettä. Lainsäädännössä myös perustusten kiuatusvedet rinnastetaan hulevesiin.

## Hulevesimaksu

Vuosittainen maksu, jonka kunta voi periä kunnan hulevesijärjestelmästä sille aiheutuneiden kustannusten kattamiseksi hulevesijärjestelmän vaikutusalueella sijaitsevien kiinteistöjen omistajilta tai haltijoilta.

## Hulevesiohjelma, hulevesistrategia

Päämäärät, keinot ja linjaukset hulevesien hallinnan järjestämiseksi. Yleensä kuntakohtainen.

## Hulevesiviemäri

Hulevesiviemärissä hulevesi ja rakenteiden kuivatusvedet johdetaan vesistöihin tai mereen joko suoraan tai kunnan hulevesijärjestelmään kuuluvien ojien sekä viivytys- ja muiden rakenteiden kautta. Vesistöihin purkautuva hulevesi on pääsääntöisesti puhdistamatonta.

## Kaupunkivaluma-alue

Maanpinnan (topografian) mukaan määräytyvä ja kaupunkialueelle sijoittuva osavaluma-alue, jonka laajuus on "korjattu" maan alaisen verkostokartan mukaiseksi.

## Kemiallinen hapenkulutus (COD)

Kemiallinen hapenkulutus tarkoittaa hapen määrää, jonka vedessä olevat aineet kuluttavat kemiallisessa reaktiossa. COD-analyysiä käytetään orgaanisen aineksen määrän arvioimiseksi mm. kotitalouksien ja teollisuuden jätevesistä. COD käsittää myös biologisen hapenkulutuksen (BOD), joten mikrobitoinnalla on suora vaikutus COD arvoon.

## Kiintoaines

Kiinteä aine, joka joko kelluu veden pinnalla tai on suspensiona vedessä, jätevedessä tai muussa nesteessä ja joka on poistettavissa laboratoriossa suodatuksen avulla.

## **KIM – kasvipintaiset imeytysrakenteet, KIM-kenttä**

Vuonna 2016 HAMKin Lepaan yksikköön hulevesien hallintaan rakennettu tutkimuskenttä, joka muodostuu neljästä kasvipeitteisestä ja yhdestä hiekkapintaisesta hulevesien imeytysrakenteesta.

## **Luonnonmukainen huleveden hallintamenetelmä**

Luonnonmukainen hulevesien hallinta perustuu luonnon omaan veden kiertoon ja veden laatuun vaikuttavien tekijöiden hyödyntämiseen. Yksittäinen rakenne (yleensä maarakenne), joka vähentää tai puhdistaa hulevettä imeyttämällä, viivyttämällä, varastoimalla tai haihduttamalla.

## **Luonnonmukainen hulevesirakenne**

Ratkaisut, jotka toteutetaan hyödyntämällä maaston muotoilua, maa-aineskerroksien vettä imeyttäviä, suodattavia ja puhdistavia ominaisuuksia sekä kasvillisuuden vettä puhdistavia, kulkua ohjaavia ja vettä haihduttavia ominaisuuksia. Luonnonmukaisilla hulevesirakenteilla pyritään hallitsemaan ja käsittelemään hulevesiä lähellä niiden syntypaikkoja ja siten säilyttämään kaupunkialueilla rakentamista edeltävää aikaa vastaavat hydrologiset olosuhteet.

## **QGIS**

Avoimen lähdekoodin paikkatieto-ohjelmisto, joka tukee geospaatialisen aineiston katselua, muokkaamista, taittamista ja analysointia.

## **SAGA, SAGA GIS**

Avoimen lähdekoodin paikkatieto-ohjelmisto, joka tukee geospaatialisen aineiston muokkaamista.

## **Valuma-alue**

Valuma-alue on vedenjakajien rajaama alue, jolta kaikki vedet valuvat maanpinnan muotojen ohjailemana samaan vesistöön. Vesistön muodostavat valuma-alueella olevat lammet, joet ja järvet.

## Käytetyt menetelmät

### Kiintoaineksen määrittäminen

Kiintoaineksen määrittämistä varten lasikuitusuodattimet (Whatman GF/C) esikuivattiin 105°C:ssa vähintään 4 tuntia. Kuivatun jälkeen suodattimet punnittiin yksitellen. Kiintoainemääritys tehtiin imusuodatuslaitteistolla suodattamalla näyte membraanisuodattimen läpi. Näytteen suodattamisen jälkeen suodattimet kuivattiin samalla tavalla, kuin esikuivatuksessa (105 °C, vähintään 4 tuntia). Kuivatun jälkeen lasikuitusuodattimet punnittiin, jonka jälkeen kiintoaineen määrä laskettiin kaavalla

$$KA = \frac{F2 - F1}{V} * 1000$$

jossa KA=kiintoainepitoisuus (g/l), F1=filterin paino (g) ennen suodatusta, F2=filterin paino (g) suodatuksen jälkeen, V=suodatettu tilavuus (ml).

### Maanäytteen otto rakeisuuskäyrää varten

Maanäytteet otettiin maanäytekeräimellä. Kairausnäytteitä otettiin kymmeniä, jotta saatiin yhteen näyte-erään tarvittava yli 5 dl näytettä. Kairausnäytteitä otettiin eri puolilta tutkittavaa aluetta ja näytteet kerättiin ämpäriin, jossa yksittäiset näytteet sekoitettiin. Sekoituksen jälkeen näyte-erä pakattiin salpapussiin. Näyte-erien koot vaihtelivat 6–9 dl välillä. Näytteet lähetettiin analysoitaviksi Eurofins Viljavuuspalvelu Oy:lle ja niistä tutkittiin rakeisuuskäyrä ja hehkutushäviö.

Näytteenottohetkellä ilman vesipintaa olevissa kohteissa näytteet otettiin tutkittavan alueen alimmalta tasolta, ja vesipintaisissa kohteissa juuri vesirajan yläpuolelta. Kohteissa, joissa oli käytetty maisemointikangasta, kairausnäytteet otettiin istutetun pensaan vierestä kankaattomasta kohdasta. Mikäli pinnalla oli katemateriaalia, se siirrettiin pois ennen näytteenottoa.

Maanäytteenoton tarkempi menetelmäkuvaus liitteessä 1.

## Laboratorioanalyysit vesinäytteistä

Syöttövesi- ja suotovesinäytteistä analysoitiin laboratoriossa kemiallinen hapenkulutus (COD), fosfaattifosfori (PO<sub>4</sub>-P), nitraattityppi (NO<sub>3</sub>-N), sinkki (Zn) sekä kupari (Cu). Analyysit toteutettiin Hach-testikiteillä ja spektrofotometrillä (DR3900 ja DR2800, Hach). Mittaamiseen käytettiin kahta eri laitemallia, mutta laitetta ei vaihdettu kesken kulloinkin määritettävän parametrin mittausta.

Ravinneanalyysiin käytetyt analyysimenetelmät ja määrittämisalueet:

- COD (LCI400, 0–1000 mg/L, Hach): ISO 15705:2002
- Fosfaattifosfori (LCK349, Hach): ISO 6878-1-1986
- Nitraattityppi (LCK339; 0,23–13,50 mg/L; Hach): ISO 7890-1-2-1986
- Sinkki (LCS360; 0,02–0,80 mg/L; Hach)
- Kupari (LCK529; 0,01–1,00 mg/L; Hach)

# 1. Johdanto

**kirjoittajat: Outi Tahvonen, Harri Mattila**

Kaupunkien tiivistyminen tarkoittaa läpäisemättömien pintojen lisääntymistä ja asukkaiden entistä monimuotoisempia ulkotilan käyttötapoja. Nämä kaksi muutosta vaikuttavat myös huleveden laatuun ja määrään. Aiempaan verrattuna hulevettä syntyy enemmän, kun sen luontaiset imeytymispaikat vähenevät ja samalla runsastunut käyttäjäjoukko aiheuttaa huleveden laatuun uudenlaista kuormaa.

Huleveden hallintakeinovalikoima on myös meillä Suomessa siirtymässä kohti monitoiminnallisuutta eli usean eri tavoitteen yhtäaikaista ratkaisemista. Hulevesirakenne voi määrän hallinnassa olla viiveen lisääjä tai laadun hallinnassa jotain tiettyä haitta-ainetta tai ravinnetta vähentävä. Samalla hallintarakenteen sijoittamispaikka voi asettaa muitakin, enemmän kaupunkikuvaan liittyviä tehtäviä, kuten leikkiympäristöön tai keskeiselle kohtaamispaikalle sovitettavan toiminnallisuuden tai kasvilajistoon ja rakennettujen habitaattien muodostamiseen liittyviä tavoitteita. Hulevesien hallintarakenne voi olla erityisesti tiiviissä kaupunkirakenteessa tärkeä tilanrajaaja, näkösuoja, kukkapenkin korvike ja lintujen tai kasvilajiston keidas käytettävissä olevan tilan mukaan.

Jatkuvat tehostamistoimet ja julkisen sektorin varsin rajalliset resurssit pakottavat nykykaupungit pohtimaan tarkoin mihin ja missä laajuudessa investointeja on tarkoituksenmukaista kohdistaa. Huleveden hallinnassa priorisointi tulee erityisen hyvin näkyväksi, sillä huleveden laatu ja määrä syntyvät laajojen alueiden hajakuormituksena. Yksittäisiä ja selkeitä kuormituspisteitä on suhteellisen helppo tunnistaa ja myös valvoa, mutta hajakuormituksen vähentäminen vaatii toisenlaisia työkaluja. Hajakuormituksessa yksittäisen rakenteen sijasta huomion tuleekin kohdistua erityisesti kaupunkialueilla ihmisen toimintatavoista muodostuviin alueisiin ja niissä ihmisten toiminnan uusimuotoiseen ohjaamiseen. Tämän pitäisi olla yhtä tärkeää, kuin biofyysisten tekijöihin, kuten läpäisemättömän pinta-alan määrän tai maaperän hienojakoisuuden huomioiminen.



HULVATTU-hankkeessa on yhdessä kaupunkien kanssa kehitetty ja käytännössä kokeiltu kaupunkivaluma-alueen hulevesien hajakuormituksen riskikartoitusta. Tavoitteena on ollut tunnistaa huleveden hallinnan todelliset tarpeet ja nykyhaasteet kaupunkiorganisaatioissa ja kehittää helppo- ja nopeakäyttöinen koko kaupunkivaluma-alueen pinta-alan läpäisevä riskinmäärittelyn työkalu. Riskikartan perusteella pystytään tunnistamaan hallintarakenteita tai vähintään hyvää huomiota vaativat alueet. Kaupunkien hulevedet syntyvät kuivalla maalla, joten ratkaisujen on noustava vastaanottavan vesistön rantapenkalta ylös huleveden syntypaikoille.

Tämä raportti kuvaa riskien hallinnan kehittämistyömme eli HULVATTU-hankkeen keskeiset tulokset. Julkaisun alkuun, lukuun kaksi, on nostettu kehitystyön tulos. Sen jälkeen esittelemme luvuissa 3–6 eri työpakettien yksityiskohtaisemmat tulokset. Nykytilan kartoitus (luku 3) perustuu kaikille kaupungeille tarkoitettuun kyselyyn ja hulevesiseminaariin sekä kolmen kaupungin kanssa työpajasarjoissa toteutettuun yhteiskehittämiseen. Lisäksi nykytilan kartoitukseen kuului myös aiemmin rakennettujen biosuodatusrakenteiden kartoitus, toiminnan ja kuntoisuuden arviointi rakenteen ikääntymisen näkökulmasta.

Toimivuuden ääritilanteet (luku 4) käsittelee huleveden hallintarakenteiden toimintaan liittyviä erilaisia ääritilanteita kuten biosuodatusrakenteiden kiintoainekuorman sietoa ja talvitointia, erilaisten biohiilisuodattimien kykyä erityisen heikkolaatuisen veden suodattamisessa sekä yhdyskuntalietteestä valmistetun biohiilen käyttöä. Luvussa 5 käsitellään rakentamiseen liittyvää työmaa- ja hulevesisuojausta. Kaupunkiympäristössä rakentamista ja erilaisia muutostöitä tapahtuu jatkuvasti ja maanrakentamiseen liittyy huomattavan korkeat kiintoainepitoisuudet hulevedessä. Luku esittelee siirrettävien ja työmaakäyttöön soveltuvien suodatinmateriaalien vertailukokeen tuloksia, pohtii työmaavesien hallintaa sekä esittää hyvän työmaavesien hallinnan tuottaman kiintoaineksen vähenemäpotentiaalin.

Luku 6 keskittyy riskityökalun ja sen perusteiden yksityiskohtaiseen esittelyyn. HULVATTU-hankkeessa erilaisten riskien muuttaminen numeeriseen muotoon perustuu kirjallisuuden ja kaupunkityöpajojen tuottamaan tietopohjaan, jota on sovellettu ja kehitetty edelleen parhaan näkemyksemme mukaan. Haluamme avata numeroiden takana olevat tekijät niin, että ne ovat jatkossa muokattavissa erilaisten kaupunkien tarpeisiin ja olosuhteisiin ja erilaisten

riskiarvioijien tarpeisiin. Luku kuvaa myös paikkatietopohjaisen työskentelyn vaiheittaisen etenemisen QGIS-ohjelmistolla, joka tässä hankkeessa toimii keskeisenä työkaluna riskin määrittelyssä. Riskien määrittelyn logiikka on kuvattu mahdollisimman avoimesti, jotta työtapa on siirrettävissä muihinkin paikkatieto-ohjelmistoihin.

Luku 7 kuvaa hankkeen viestintätoimet ja luku 8 kokoaa yhteen tässä hankkeessa tehdyn kehitystyön ja hahmottelee tämän hankekokemukseemme perusteella jatkokehittelyn mahdollisuuksia tulevaisuuteen.

Kaikki raportissa esitetyt kartat ovat hankkeen tuottamia lukuun ottamatta kuvassa 22 olevaa karttaa. Kartoissa käytetyt pohja-aineistot ilmoitetaan lukukohtaisissa lähdeluetteloissa.

## **2. Water Shed Safety Plan (WSSP) – kaupunkivaluma-alueiden hulevesiriskin hallinta**

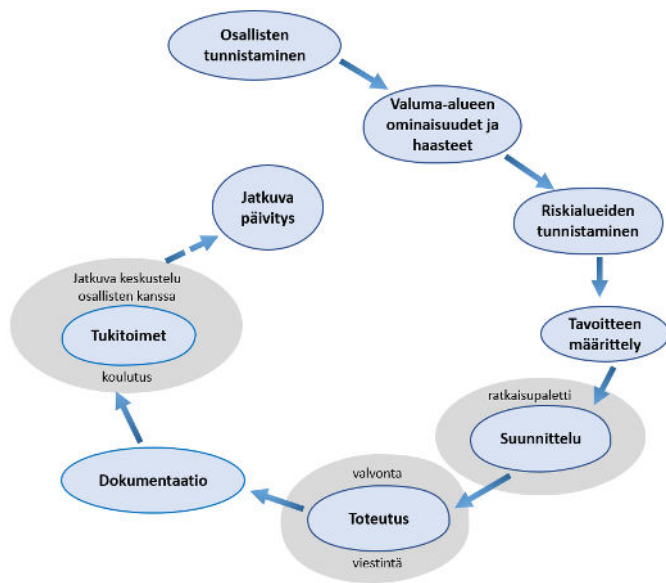
**Kirjoittajat: Outi Tahvonen, Harri Mattila, Virpi Hannuksela, Anu Koponen**

Huleveden hallinta ja sen merkitys toimivalle kaupunkiympäristölle on tärkeää. Yksittäisten rakennuspaikkojen ja tonttien ratkaisut vaikuttavat suoraan hulevesiverkoston paikalliseen kapasiteettiin. Mikäli asfalttikentiltä ja laajoilta kattopinnoilta johdetaan hulevedet suoraan sadevesiverkostoon, siirtyy ilmastonmuutoskenaarioiden mukaan arvioidut, entistä suuremmat kertasateiden vesimäärät kuormittamaan putkistoja. Kaupungeissa huleveden hallinnan ajankohtaisuus perustuu kolmeen yhtäaikaiseen ilmiöön. Ensinnäkin edellä mainittu kertsadannan kasvu ja toisaalta läpäisemättömien pintojen lisääntyminen kaupunkirakenteen tiivistyessä lisäävät putkistoon johdetun veden määrään. Kolmanneksi rakennetut kaupunkien ja taajamien hulevesiverkostot ovat saavuttamassa peruskorjausiän, jolloin on kriittisesti harkittava, onko jatkuva putkiverkoston kapasiteetin kasvattaminen taloudellisesti ja ekologisesti, jopa sosiaalisesti mielekkäin vaihtoehto.

Kaupunkiympäristö on luonteeltaan jatkuvassa muutoksessa, joten huleveden hallinnan mal-  
likin tulisi rakentaa jatkuvassa muutoksessa kehittyväksi ja muokkautuvaksi. Huleveden hallin-  
nan ydin on ratkaisujen tuottama turvallisuus niin rakenteille ja rakennuksille kuin myös ihmi-  
sille. Tavat, joilla tähän tavoitteeseen päästään voivat sen sijaan vaihdella ajan, paikan ja maa-  
alan käytön mukaan.

Kaupunkiympäristön monimuotoisuuteen ja jatkuvaan muutokseen sopeutuminen edellyttä-  
vät huleveden laadun ja määrän riskien kokonaisvaltaista hahmottamista kaupunkivaluma-  
alueilla (kuva 1). Kokonaiskuvan ja erityisten riskialueiden tunnistaminen tukevat hallintara-  
kenteiden sijoittamista valuma-alueelle, ohjaavat uusien alueiden läpäisemättömien pintojen  
määrää sekä nostavat uudella tavalla esille osallistamisen aiemmin rakennettavien alueiden  
toimijoiden houkuttelemiseksi tonttikohtaisten hallintarakenteiden tekemiseen.

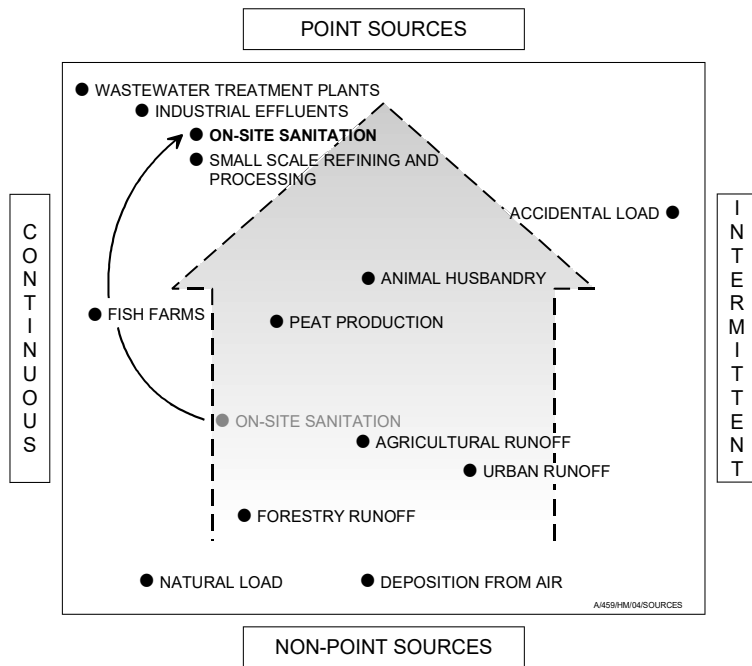
Kaupunkiorganisaatiossa huleveden hallinta on sekä sadevesiverkoston purkuputkesta tule-  
van vesimäärän ja sen laadun hallintaa mutta erityisesti maankäytön ratkaisuja, läpäisemät-  
tömien pintojen hallintaa ja ihmistoiminnan ennakointia. Vastuut jakautuvat usealle hallinnon  
alalle eikä ratkaisu voi syntyä yhdessä projektissa. Toimintamalli kehittyy jatkuvassa vuoropu-  
helussa sekä kaupunkiorganisaation sisällä että sidosryhmien välillä. Pelkkä määräysten ja oh-  
jeistusten laatiminen ei riitä vaan myös bottom up -toimintaa tarvitaan.



**Kuva 1** Jatkuvan kehittämisen kehä huleveden hallinnassa. HULVATTU-hankkeessa on työstetty kehän neljää ensimmäistä vaihetta, mutta myös hahmoteltu viidennen vaiheen luonnetta.

## 2.1 WSSP:n tausta

Suomen vesistöjä kuormittaa eniten hajakuormitus. Viime vuosisadan alussa pistemäiset päästöt, asutuskeskusten sekä teollisen toiminnan jätevedet olivat vesistöjen pahimpia kuormittajia. Kohti 2000-lukua siirtyessä pistekuormituksen aiheuttajat saatiin kuriin lainsäädännöllä ja jätevesien käsittelyn kehittyessä (kuva 2). (Mattila 2005.)



**Kuva 2** Yhä pienemmät ympäristöä kuormittavat lähteet ovat siirtyneet hajakuormituskäsitteen alta kohti pistekuormituslähteitä. Kuvassa esimerkkinä kiinteistökohtainen jätevesihuolto, joka 2000-luvun alussa siirtyi kohti kuvan vasenta yläkulmaa lainsäädännön kehittymisen vuoksi. (Mattila 2005.)

Pistekuormituksen lähteet tunnetaan ja niitä seurataan erilaisilla valvontajärjestelmillä. Tunnetuissa kuormituspisteissä edellytetään säännöllistä haitta-aineiden määrän seurantaa ja selkeissä muutostilanteissa suojaustoimet voidaan suoraan kohdistaa kyseiselle alueelle. Hajakuormituksen lähteitä on sen sijaan vaikeampi löytää ja siten myös hallita tai valvoa. Hulevesien muodostumisen keskeisiä paikkoja ovat tiiviisti rakennetut ja laajasti pinnoitetut keskustan, kaupan ja teollisuuden alueet sekä tiivistämISRakentamisen alueet. Näiden alueiden voidaan sanoa olevan kokonaisuutena kuormittavia alueita, mutta näiltä alueilta on hyvin vaikeaa osoittaa jotain tiettyä kattoa tai asfalttikenttää varsinaiseksi kuormituspisteeksi.

Kaupunkivaluma-alueiden kuormitus on hajakuormitusta, jonka luonne muuttuu eri maankäyttöluokan mukaan. Kullekin maankäyttöluokalle on tyypillistä omanlaiset läpäisevien ja läpäisemättömien pintojen laajuudet ja vaihtelu kaupunkirakenteessa. Lisäksi rakentamisen ja

maanmuokkauksen tavat sekä ihmisten tyypillinen toiminta eri maankäyttöluokissa muodostaa erilaisen hulevesien laatuun ja määrään liittyvän riskin.

Hule- ja valumavesien hallinnasta on Suomessa toistaiseksi puuttunut valuma-aluelähtöinen, järjestelmällinen toiminta. Erilaisia toimenpiteitä on toteutettu kiinteistökohtaisesti, esimerkiksi yksittäisellä maatilalla, metsä- tai suopalstalla tai taajaman puistoalueella. Kiinteistökohtainen toiminta on ollut ymmärrettävää esimerkiksi maatalouden ympäristötukijärjestelmän sääntöjen, kuntien yksittäisten rakennuskohteiden määrärahojen tai esimerkiksi jonkin vesiensuojelun kannalta erityisen selkeästi näkyvillä olevien kohteiden vuoksi. Valuma-aluelähtöisellä toiminnalla voitaisiin kuitenkin varmistaa käytettävissä olevien resurssien mahdollisimman kustannustehokas käyttö, jolloin olemassa olevat resurssit voidaan kohdentaa tehokkaammin.

HULVATTU-hankkeessa järjestelmälliseen valuma-alue-tarkasteluun haettiin mallia vesihuollossa käytössä olevasta Water Safety Plan (WSP)-työmenetelmästä (kuva 3) ja Sanitation Safety Planning (SSP) – ohjeistuksesta (World Health Organization 2015; Bartram ym. 2009). Näissä talousveden turvallisuuden varmistaminen lähtee raakavesilähteeseen kohdistuvien riskien tunnistamisesta sekä poistamisesta ja jatkuu veden käsittelyyn sekä jakeluun liittyvinä tarkasteluina. Systemaattisesti etenemällä koko vedentuotannon ketju käydään järjestelmällisesti läpi, jolloin vesiturvallisuus paranee.



**Kuva 3** WHO:n lanseeraamat *Water Safety Plan* ja *Sanitation Safety Plan* -työmenetelmät ovat mallieina valuma-aluelähtöisen turvallisuustyömenetelmän kehittämisessä.

WSP-työmenetelmän järjestelmällistä riskien etsimistä ja eliminoimista sisältävää työtappaa pilotoitiin HULVATTU-hankkeessa työnimellä Watershed Safety Plan (WSSP), jossa ajatuksena on tarkastella kokonaisia tai osavaluma-alueita ja etsiä veden laatuun tai määrään kohdistuvia riskejä sekä suunnitella niiden poistamista tai rajoittamista. Rajallisten resurssien vuoksi kaikilla valuma-alueilla olisi ensivaiheessa järkevää hyödyntää kaikki olemassa oleva ja tarpeellinen avoin data sekä monipuoliset paikkatietotyökalut. Kun erityiset riskialueet on saatu määritettyä, WSSP:n loppuun vieminen riippuu tarkasteltavana olevasta valuma-alueesta sekä sen ominaisuuksista.

WSSP-työkalupakkiin sisältyvät kaikki työmenetelmät paikkatietotyökaluista ja esimerkiksi drone-kuvauksista aina riskikohteilla tapahtuviin henkilökohtaisiin tarkastuksiin saakka. Olenoista on löytää ne riskikohteet, jotka ovat merkittäviä kyseessä olevan valuma-alueen vesienhallinnan kannalta. Näin toimenpiteet voidaan kohdentaa resurssitehokkaasti juuri sinne, missä niiden vaikutus on maksimaalinen.

## 2.2 Kaupunkivaluma-alueiden erityisluonne

Huleveden aiheuttamat laaturiskit rakentuvat lukuisten eri tekijöiden kautta. Ne voidaan jakaa kahteen pääluokkaan: biofyysisiin ympäristöön liittyviin riskeihin sekä ihmisen toiminnan aiheuttamiin riskeihin. Biofyysiseen ympäristöön liittyvät riskit, kuten maan kaltevuus, etäisyys vastaanottavasta vesistöstä, läpäisemättömien pintojen ja kasvipeitteisyyden määrä sekä maan veden johtavuus, ovat suhteellisen suoraviivaisia tekijöitä koota, kun riskitekijöiden keskinäiset painoarvot on ensin paikallisesti määritelty. Kaupunkiympäristössä huleveden laaturiski rakentuu kuitenkin myös käyttövaiheesta eli ihmisen arkisesta toiminnasta ja rakentamisen sijoittumisesta eri maankäyttöluokkiin. Ihmisen toiminnan aiheuttama riski on monitahoisempi ja ajassa muuttuva kokonaisuus.

Hulevesilähtöinen maankäyttöluokittelu (ks. tarkemmin liite 6)

- Väljät asuinalueet
- Tiiviit asuinalueet
- Keskusta-alueet
- Työpaikka- ja teollisuusalueet
- Palvelualueet
- Avoimet viheralueet
- Metsäiset alueet
- Liikennealueet
- Kenttäalueet
- Maatalousalueet
- Vesialueet
- Erityisalueet

Ihmisen toiminnasta syntyvä riski vaihtelee suuresti. Sattumanvarainen toiminta missä tahansa kohtaa valuma-aluetta on mahdollista, mutta vaikeasti ennakoitavaa. Kaupunkivaluma-alueen mittakaavassa riskiä voidaan ajatella kunkin maankäyttöluokan sisältämänä



tyypillisenä toimintana ja sen muodostamana riskinä. Vaikka maankäyttöluokittelu perustuu-kin tässä yhteydessä huleveden hallinnan näkökulmaan, on sen perusteella tunnistettu käyttäjien tyypilliset toimintatavat kyseisessä maankäyttöluokassa ja niiden vaikutukset huleveden syntyyn. Ihmistoimintana ymmärretään tässä yhteydessä loppukäyttäjän lisäksi päätöksentekoon ja asiantuntijuuteen liittyvät tekijät. On hyvä huomata, että ihmistoiminnan riskien tunnistaminen tarjoaa mahdollisuuden myös toimintatavan muuttamiseen ja siten riskin kääntämisen huleveden laadun parantamiseksi.

Ihmistoiminnan muodostaman riskin osatekijät (ks. tarkemmin kappale 6.4)

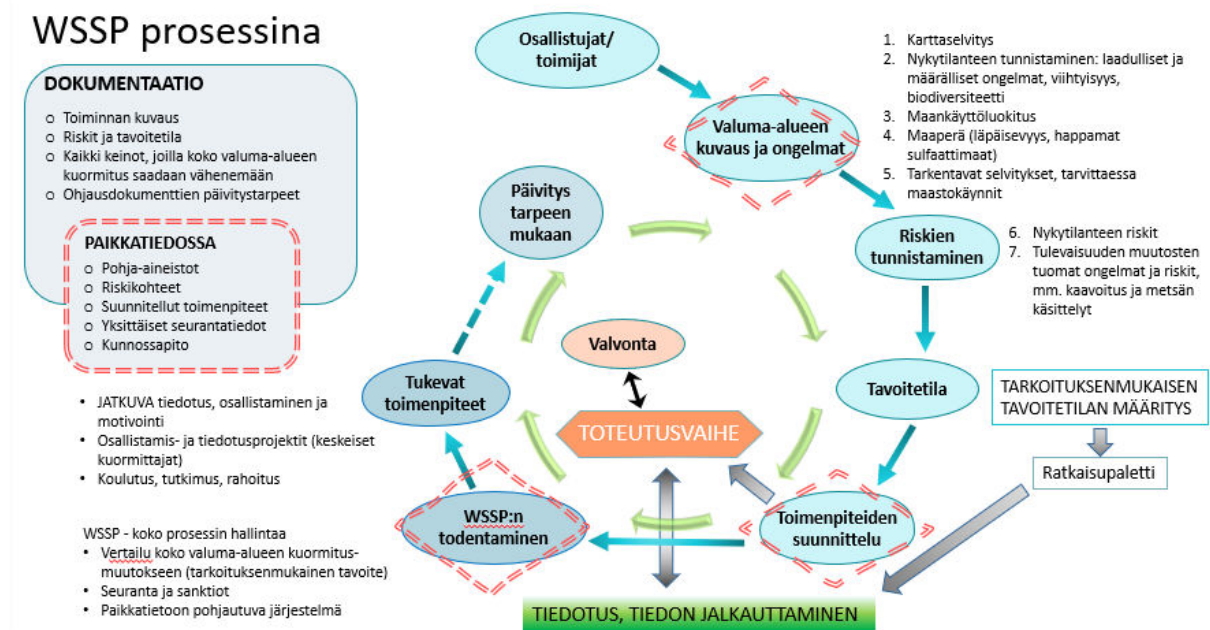
- päätöksentekijöiden määrä / pinta-ala
- satunnaisten käyttäjien aiheuttamat riskit
- hallinnoijan osaaminen ja vastuu
- tyypillisen toiminnan tuottama haitta-ainekuorma
- tyypillisen toiminnan tuottama kiintoainekuorma
- käytettävissä oleva tila maanvaraisille hallintarakenteille

## 2.3 WSSP kaupunkisuunnittelun ohjauksessa

Kaupunkivaluma-alueen hulevesiriskin hallintaan osallistuvat yhtä lailla maaomistajat ja alueen käyttäjät, viranomaiset ja rakennuttamista, rakentamista tai kunnossapitoa tekevät tahot. WSSP:n tavoitteena on tarjota eri toimijoille yhteistyöalusta sekä luoda luottamusta ja osaa- mista koko toimijaverkostolle. Tämä on keskeinen lähtökohta, kun puhutaan kaupunkimitta-kaavaisen hajakuormituksen hallinnasta.

Yhteistyön lähtökohtana on tunnistaa valuma-alueen ominaisuudet ja ongelmat ja niiden riit- tävän kattava kuvaaminen. Kaupunkivaluma-alueen mittakaavassa avoimet paikkatietoaineis- tot luovat useimmissa kaupungeissa toimivan perustan. Täydentävänä datana käytetään kaa- vakarttoja ja hulevesiverkoston kuvausta, jolloin päästään resurssiviisaasti kyllin hyvään tark- kuuteen kaupunkivaluma-alueen mittakaavassa. Tässä hankkeessa kehitetty paikkatietopoh- jainen WSSP-työkalu ja sen laatiminen esitellään luvussa 6.

Tarkastelun siirtyessä tunnistettujen riski- tai muutosalueiden yksityiskohtaisempiin tekijöihin, on ratkaisuja etsittävä huleveden määrän ja laadun hallinnan lisäksi viihtyisyyden ja biodiversiteetin kautta. Tiivis ja kestävä kaupunki edellyttää monitoiminnallisia ratkaisuja kaupunkitilan käyttöön. Maastokäynneillä voidaan tarkastella tarkemmin rajattuja alueita, mutta resurssitehokkuuden vuoksi pääosa tiedosta tulisi koota ennen maastokäyntivaihetta.



**Kuva 4** WSSP:n jatkuvan kehittämisen kehä kuvaa valmistelutyön vaiheet ja niiden keskeisen sisällön. Mallin perusta soveltaa kuvan kolme (3) mukaisia toimintamalleja hulevesien hallintaan.

Nykytilanteen tunnistaminen luo perustan arvioida tulevaisuuden riskejä. Näitä voivat olla esimerkiksi kaavoitukseen liittyvät riskit, kuten tiivistäminen ja läpäisemättömien pintojen liissäntyminen, toiminnan muutoksista aiheutuvat riskit tai vaikka metsien hakkuuseen tai kaupunkivaluma-alueella sijaitsevien peltojen viljelytapoihin liittyvät riskit.

Huleveden hallinnan tavoitetilan määrittely tapahtuu eri hallintoaloja yhdistäen, jotta käytännön toiminta eri aloilla myös todellisuudessa tukee yhteistä tavoitetta. Ratkaisupaletti tarjoaa kokonaisriskin kannalta tarkoituksenmukaisia huleveden hallintakeinoja määritellyille

riskialueille. Herkkien vesistöjen tai suojelualueiden läheisyydessä tarvitaan tiukempaa hulevesien käsittelyä kuin isojen hyväkuntoisten vesistöjen alueilla. Ratkaisupaletin vaihtoehtoihin vaikuttaa paikan biofyysiset tekijät ja tyypillinen ihmistoiminta. Esimerkiksi savimailla ei voi imeyttää vettä eikä tiiviiseen kaupunkitilaan ehkä mahdu maanpäällisiä rakenteita.

Ratkaisupaletin tavoitteena on tarjota huleveden hallintaan vaihtoehtoja kaikkein keskeisimmille riskialueille ja auttaa priorisoimaan sekä sijoituspaikkojen että laadun ja määrän vähentämätavoitteiden osalta. Toimet kannattaa suunnata sinne missä niille on eniten tarvetta tai missä niissä saatava hyöty on suurin tai kustannustehokkain. Suunnitelmien perusteella alkaa yksittäisten hallintarakenteiden toteuttaminen ja rakentamisen valvonta. Erityisen suurta huomiota tulee kiinnittää rakentamisen aikaiseen huleveden hallintaan.

WSSP:n mukainen valmisteluprosessi eroaa perinteisestä toimintamallista siinä, että se on jatkuvasti päivittyvä ja ylläpidettävä kehittämisen kehä. Sen vuoksi WSSP-prosessin todentaminen ja seuranta on tehtävä osallisille näkyväksi niin omavalvontaprojekteina kuin myös luvitettuna ja sanktioituina ympäristölupakohteina. Seurannan tulisi kohdistua koko kaupunkivaluma-alueelta muodostuvaan hajakuormitukseen yksittäisten seurantakohteiden rinnalla.

WSSP jatkuvasti kehittyvänä prosessina vaatii myös tukitoimia. Näitä voivat olla tiedotus, osallistaminen sekä asukkaiden ja muiden toimijoiden motivointi, erilaiset projektit sekä koulutus, tutkimus ja siihen liittyvä rahoitus. Huleveden hallinta määrittyy kuntaorganisaation eri toimialojen valinnoista ja toteutuu yksityisten tonttien ja rakennuspaikkojen valinnoista, joten sidosryhmäverkosto on moninainen. Tiedonkulku organisaatiossa on välttämättömyys, jotta koko verkosto ja toteutusketju toimii. Hulevesi koskettaa isoa joukkoa kuntaorganisaation hallinnonaloja ja siksi on oleellista, että tieto kulkee suunnittelusta kunnossapitoon ja yhtä lailla myös kunnossapidosta palautteena suunnittelun ja rakentamisen suuntaan. Näin parhaimmillaan saadaan oppiva organisaatio, jossa jaetut kokemukset kehittävät koko huleveden käsittelyn hallintaketjua.

Yhtä lailla asukkaiden tiedottaminen ja kannustaminen fiksuihin ratkaisuihin on tärkeää. Asukkaat voivat pienillä arkisilla valinnoilla joko parantaa tai huonontaa huleveden laatua. Varsin

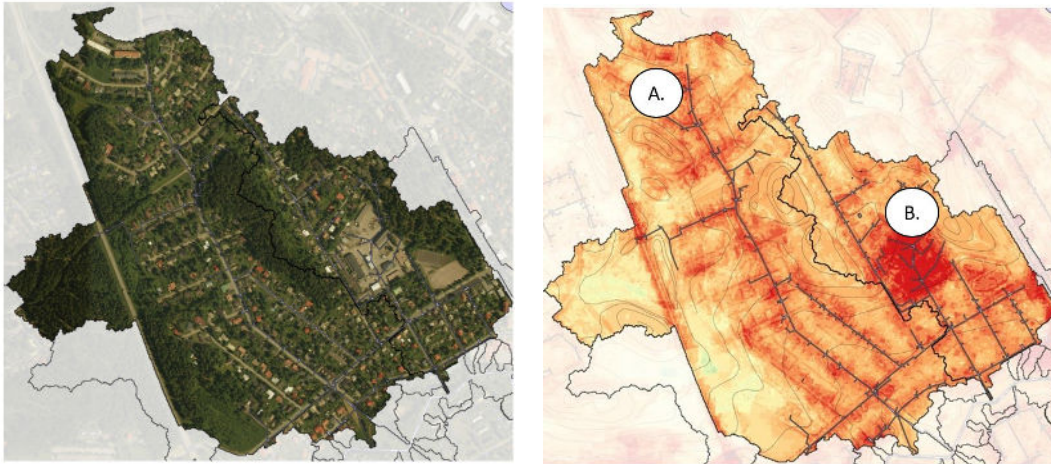
usein on kuitenkin kyse tietämättömyydestä tai ajattelemattomuudesta, vain harvoin piittämättömyydestä.

Prosessikaavion sisäkehän vihreä nuolisarja kuvaa prosessin päivittämistä. Koko WSSP-prosessi ei tarvitse päivittää alusta alkaen, vaan päivitystä voi tehdä mistä kohdasta tahansa riippuen mikä asia valuma-alueella muuttuu.

WSSP:n ajantasaisena pitämisessä auttaa mitä enemmän vaiheita tehdään paikkatietopohjaisesti. Käytännössä paikkatietomuodossa on iso osa lähtöaineistosta ja prosessin aikana paikkatietopohjaisesti kannattaisi ylläpitää ainakin suunnitelmat sekä seuranta ja valvontatiedot sekä mahdollisesti myös kunnossapidon käynnit ja havainnot. Paikkatietopohjainen järjestelmä voi toimia esimerkiksi suunnittelijoille myös palautteenantokanavana toteutettujen rakenteiden toimivuudesta.

## **2.4 Riskialueiden määrittelystä suunnittelun ohjaukseen**

WSSP:n riskikartassa punaiset alueet kuvaavat muuta ympäristöä korkeamman riskin alueita olivat ne sitten yksityisellä tai julkisella alueella. Aluerajaus muodostuu kaupunkivaluma-alueen mukaisesti eli se rakentuu maastonmuotoihin perustuvista vedenjakajista, mutta täydentyy myös sadevesiviemäröinnin laajuudelta. Käytännössähän kaupunkivaluma-alueilla sadevesiviemäröinti voi ulottua luontaisen valuma-alueen ulkopuolelle ja siten laajentaa tai pienentää merkittävästi valuma-alueen kokoa.



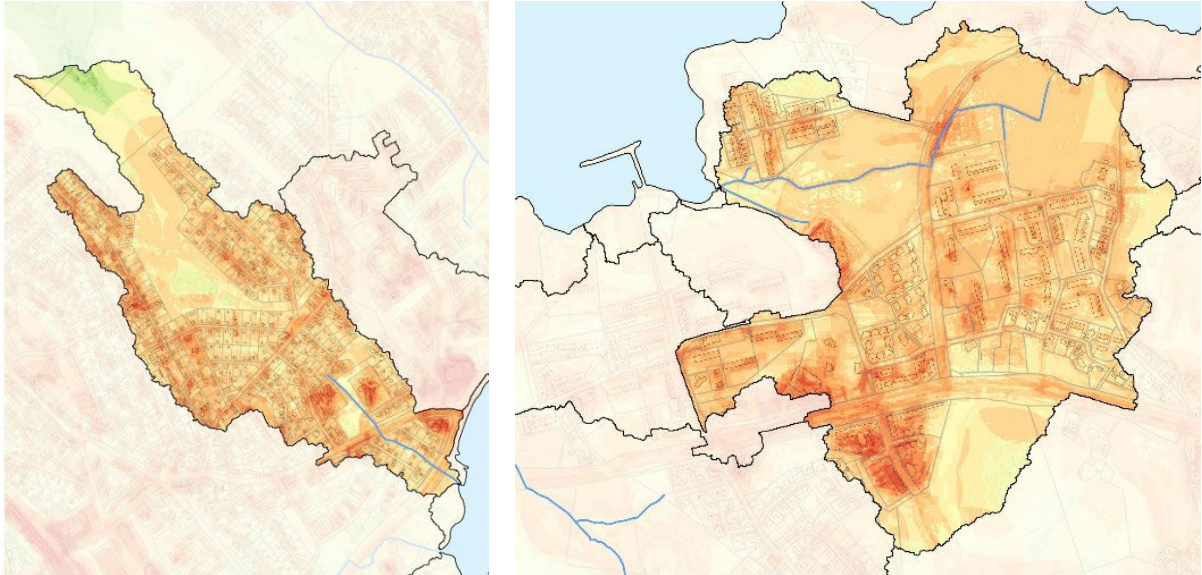
**Kuva 5** WSSP:n riskikartta esittää hulevesiriskin alueet muuta ympäristöä punaisempina.

Riskikartan avulla voidaan kohdentaa huleveden hallintaa korkeimman riskin alueille. Kuvassa 5 on hahmoteltu, miten kahden eri täydennysrakentamiskohteen hulevesiriski muodostuu. Rakennuspaikassa A riski on huomattavasti matalampi kuin kohdassa B, jossa muutos ei kohdistu vain rakennuspaikkaan vaan myös sen välittömässä läheisyydessä olevaan jo entuudestaan korkean riskin alueeseen.

Riskikarttaa pystytään hyödyntämään myös hallintarakenteen sijoitteluvaihtoehtojen tarkastelussa. Molempien edellä kuvattujen rakennuspaikkojen huleveden hallinta on mielekkäintä hoitaa jo rakennuspaikalla. Jos se ei ole mahdollista, niin A-rakennuspaikan putkiverkoston varrelta löytyy useampi kohta, joihin voidaan julkisille alueille sijoittaa viivytyrakenteita. B-rakennuspaikan osalta sellaiselle ei ole tilaa.

Pirkkalan ja Hämeenlinnan esimerkivaluma-alueissa (kuva 6) korkeimman riskin alueet sijaitsevat vastakkaisissa kohdissa valuma-aluetta, Pirkkalassa (oikeanpuoleinen kuva) valuma-alueen yläosissa ja Hämeenlinnassa (vasemmanpuoleinen kuva) valuma-alueen alaosassa. Valuma-alueen yläosaan sijoituville riskialueille, jotka tuottavat suurta huleveden määrää, tulisi sijoittaa määrää vähentävät rakenteet heti huleveden syntykoille. Vaikka paikallinen huleveden käsittely onkin hulevesistrategioiden keskeinen prioriteetti, on sen toteutumista erityisesti valvottava tämän tyyppisillä alueilla. Paikallisen käsittelyn vaade syntyy toki myös

valuma-alueen alaosissa, mikäli riskialueen ja vastaanottavan vesistön välissä ei ole tilaa, kuten Hämeenlinnan esimerkissä havaitaan.



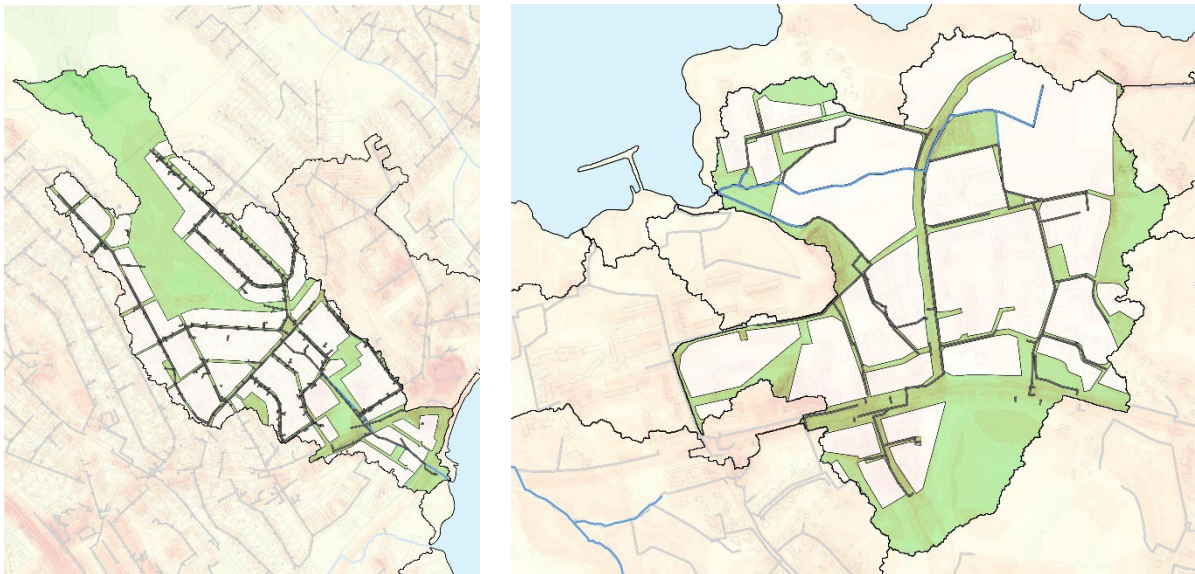
**Kuva 6** Riskialueiden sijoittuminen Hämeenlinnan Katuma-järven ja Pirkkalan keskustan esimerkivaluma-alueilla.

Huleveden hallintarakenteiden sijoittaminen edellyttää valmiiksi rakennetuilla alueilla riittävää maa-alaa yleensä julkisilla alueilla. Uudisrakennusalueilla luonnonmukaiset huleveden hallintaratkaisut on helppo sijoittaa osaksi hulevesiverkostoa, mutta täydennysrakentamisen alueilla tilannetta pidetään haastavana. Kuitenkin kansainväliset esimerkit ns. *retrofitting* -projekteista antavat esimerkkiä rakentamisvaiheen jälkeisistä ratkaisuista (Roy ym. 2014). Edellytyksenä on, että hallintarakenteita ajatellaan hajautettuina, monimuotoisina osaratkaisuna isossa verkostossa, joka koostuu sekä yksityisille että julkisille alueille sijoittuvista rakenteista. On selvää, ettei jälkikäteen voida velvoittaa tontinomistajaa toimiin mutta innostaminen, houkuttelu ja haastaminen toimivat osana paikallisia projekteja tai kolmannen sektorin toimintaa.

Tässä yhteydessä jako yksityisiin ja puolijulkisiin alueisiin on kuitenkin tarpeettoman karkea.

Jakoon olisi hyvä ottaa mukaan myös kunnallisten palvelujen puolijulkiset tontit kuten koulujen, päiväkotien, sairaaloiden ja seurakunnan tontit. Näille alueille on rakennusvaiheen jälkeen helpompaa ohjata sijoittamaan huleveden hallintarakenteita kuin mitä yksityiselle pientalo- tai yritystontille.

Kuvassa 7 on esitetty edellisen kuvaparin tilanne julkisen (vihreä) ja yksityisen maa-alan (vaalea) suhteessa. Pirkkalan esimerkkivaluma-alueella huleveden hallintarakenteet tulisi sijoittaa valuma-alueen yläosan tonteille (kuvan alalaidassa) tai sen välittömään läheisyyteen, jottei sieltä syntyvä huleveden suuri määrä aiheuta sadevesiviemärin tulvimista alajuoksulla. Hämeenlinnan esimerkkialueella sen sijaan määrän hallinnan kannalta on keskeistä säilyttää valuma-alueen yläosan rakentamattomat metsäalueet. Mikäli ne tulisivat rakennettaviksi, on hulevesiverkoston näkökulmasta tonteilta edellytettävä ja valvottava rakenteita, jotka pystyvät käsittelemään huleveden tonteilla. Hämeenlinnan esimerkkialueella sadevesiviemärin tulviminen Katumajärven lähellä ratkaistaan yläjuoksun pientaloalueiden tonteilla tai tiivistämisen ohjeistuksella.



**Kuva 7** Yksityiset ja julkiset maa-alat Hämeenlinnan ja Pirkkalan esimerkkivaluma-alueilla auttavat hahmottamaan käytettävissä olevia hajautetun ja keskitetyn huleveden hallinnan ohjauksenoja.

## Lähteet

Bartram J, Corrales L, Davison A, Deere D, Drury D, Gordon B, Howard G, Rinehold A, Stevens M. 2009. Water safety plan manual: step-by-step risk management for drinking-water suppliers. World Health Organization.

Mattila, H. 2005. Appropriate Management of On-Site Sanitation, Doctoral Dissertation, Tampere University of Technology

Roy AH, Rhea LK, Mayer AL, Shuster WD, Beaulieu JJ, Hopton ME, et al. 2014. How Much Is Enough? Minimal Responses of Water Quality and Stream Biota to Partial Retrofit Stormwater Management in a Suburban Neighborhood. PLoS ONE.

World Health Organization. 2015. Sanitation safety planning: manual for safe use and disposal of wastewater, greywater and excreta. World Health Organization.

### Karttojen pohja-aineistojen lähteet:

EEA. 2018. Imperviousness Density 2018. <https://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers/imperviousness/status-maps/imperviousness-density-2018>

Forssan kaupunki. n.d. Hulevesiverkosto.

Forssan kaupunki. n.d. Yleiskaavayhdistelmä.

GTK. 2019. Maaperä 1:20 000/1:50 000. <https://hakku.gtk.fi/fi/locations/search>

LUKE. 2019 Puuston keskipituus 2019(dm). <http://kartta.luke.fi/>

LUKE. 2019. Puuston latvuspeittävyys, koko puusto 2019 (%) <http://kartta.luke.fi/>

MML. 2021–2023. Ortoilmakuva. <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/tiedostopalvelu/ortoilmakuva>

MML. 2022–2023. Korkeusmalli 2 m <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/tiedostopalvelu/korkeusmalli>

MML. 2022–2023. Maastotietokanta. <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/tiedostopalvelu/maastotietokanta>

Pirkkalan Kunta. 2016. Osayleiskaava.

Pirkkalan Kunta. n.d. Hulevesiverkosto.

SYKE. 2021. NDVI:n maksimiarvo v.2021. <https://ckan.ymparisto.fi/dataset/ndvi-n-maksimiarvo-v-2021>

## 3. Nykytilan kartoitus

**Kirjoittajat: Virpi Hannuksela, Salla Leppäkoski, Outi Tahvonen, Harri Mattila**

Tässä luvussa esitetään hulevesien hallinnan nykytilaa, joka on koottu sekä kaupunkiorganisaation toimijoiden näkökulmasta että konkreettisten rakenteiden havainnoinnilla. Kaupunkiorganisaatioiden toimijoiden näkökulma on rakennettu kahdessa vaiheessa. Ensin selvitettiin



kaupunki- ja kuntaorganisaatiolle kohdennetulla kyselyllä ja sen tuloksia käsittelevässä verkoseminaarissa kokemuksia ja näkemyksiä huleveden hallinnasta. Sen jälkeen yhteistyössä kolmen pilottipaikkakunnan kanssa kehitettiin organisaatiolähtöisesti WSSP-toimintamallia. Nykytilan kuvaukseen kuului myös aiemmin toteutettujen kasvipeitteisten huleveden hallintarakenteiden toimivuuden ja kasvipeitteisyyden kuntoisuuden arviointi.

Työpakettin tärkeimmät tulokset:

- Yhteistyötä ja tiedonkulkua kuntaorganisaation eri yksiköiden välillä tulee lisätä ja parantaa
- Imeyttävän hulevesirakenteen tulee olla oikein mitoitettu valuma-alueen kokoon nähden, jotta se pysyy toimintakuntoisena mahdollisimman pitkään
- Imeyttävien hulevedenhallintarakenteiden pinta tukkeutuu ajan myötä

### 3.1 Kuntien hulevesien hallinnan nykytila

Kuntien hulevesien nykytilannetta kartoitettiin kyselyn avulla joulukuussa 2021. Kysely kohdistettiin sekä kaupunkiorganisaatioissa että yhdistyksissä ja järjestöissä hulevesien kanssa työskenteleville henkilöille. Kysely oli avoinna myös HULVATTU-hankkeen www-sivuilla. Määräaikaan mennessä saatiin 65 vastausta, joista osa oli vastattu työyhteisön yhteisenä tiiminä. Kyselyyn vastattiin monipuolisesti kuntaorganisaation eri sektoreilta. Vastaajien edustamien kuntien koko ja rakenne vaihteli pienestä alle 8000 asukkaan kunnista yli 200 000 asukkaan kaupunkeihin ja selvästi kaupunkimaisesta ja tiiviisti rakennetusta kaupungista maaseutumaiseen rakenteeseen. Liitteessä 1 on toteutettu kysely saatetietoineen sekä liitteessä 2 vastaus-ten yksityiskohtaisempi analysointi.

#### Kyselyn tulokset

Kyselyn perusteella kasvipeitteisiä painanteita ja erilaisia imeytysrakenteita käytetään kunnissa yleisesti. Sen sijaan hulevesien käsittelyyn ei juurikaan käytetä viherkattoja. Suurin osa hulevesien hallintarakenteista on monitoiminnallisia eli ne viivytyksen lisäksi esimerkiksi imeyttävät, varastoivat ja puhdistavat hulevettä. Rakenteita on puistojen keskeisenä

elementtinä varsin paljon, jolloin ne toiminnallisen vaikutuksen lisäksi parantavat viihtyisyyttä ja ympäristön monimuotoisuutta.

### **Ohjausjärjestelmät**

Kunnat kannustavat luonnonmukaisten hulevesimenetelmien käyttöön asemakaavan, rakennusjärjestyksen sekä rakennusluvan edellytyksenä olevan hulevesisuunnitelman avulla. Noin puolessa kyselyyn vastanneista kunnista hulevesimaksu oli käytössä. Hulevesimaksu määräytyy useimmiten tontin käyttötarkoituksen ja yleisesti myös pinta-alan mukaan. Sen sijaan tontikohtaiseen käsittelyyn kannustavia tekijöitä, kuten viherpeitteisyyttä, toteutettuja tonttikohtaisia rakenteita tai todettuja haittoja, käytetään määräytymisperusteena vain harvoin, sillä vastaajien mielestä sopiva resurssitehokas järjestelmä puuttuu.

### **Työmaiden hulevedet sekä rakenteiden ylläpito ja seuranta**

Rakentamisen aikainen hulevesihallinta on vastausten perusteella varsin hajanaista. Useimmiten rakentamisen aikana hulevesihallintaa vaaditaan isoilla infra- ja talonrakennustyömailla, kun taas pientalorakentajia ohjeistetaan hulevesihallintaan varsin paljon, mutta velvoitteita siihen on harvoin. Vastausten perusteella vastuutahot olivat huonosti selvillä kuntaorganisaation sisällä, sillä vain reilu 20 % vastaajista koki, että valvontataho on aina selvillä.

Toteutettujen hulevesirakenteiden toimintaa seurataan yllättävän huonosti. Kunnossapitotoke tehdään, mutta se ei välttämättä ole kovin suunnitelmallista. Hulevesirakenteen läpi tulevan suotoveden laatua seurataan lähinnä satunnaisesti.

### **Keskeisimmät koetut ongelmat hulevesirakenteen elinkaareissa**

Hulevesirakenteissa koetut ongelmatilanteet painottuivat eri tavoin eri ammattiryhmien vastauksissa. Myös hulevesirakenteiden elinkaaren aikana vastaan tulleet ongelmatilanteet nähtiin eri ammattiryhmissä eri tavoin.

Yleissuunnitteluvaiheessa kokonaisuudenhallinta, fyysisen tilan haasteet sekä riittämätön osaaminen koettiin haastavaksi. Kunnossapidossa ja rakentamisessa toimivat näkivät resurssipulan yleissuunnitteluvaiheen haasteeksi, kun taas rakennusvalvonnalle haasteita oli vastuutahoissa ja valvonnassa. Toteutussuunnitteluvaiheessa yleisimmät ongelmatilanteet ovat

samoja kuin yleissuunnitelmavaiheessa. Yhteistyön ja tiedonkulun puutteet korostuivat toteutussuunnitelmavaiheessa vastauksissa.

Rakentamisen aikana riittämätön osaaminen ja kokonaisuuden hallinta korostuivat vastauksissa. Suunnittelijoille resurssipula on suuri haaste, kun taas kunnossapidossa ja rakentamisessa työskentelevät kokivat eniten haasteita aikataulujen kanssa. Rakennusvalvonnan suurimpana haasteena on asenteet.

Kunnossapitovaiheessa vaivaavat eniten kokonaisuuden hallinta, riittämätön osaaminen sekä resurssien vähyyt. Toimimattomat tai vaikeahoitoiset hulevesirakenteet kuormittavat kunnossapitoa. Kunnossapidossa kaivattiin enemmän yhteistyötä ja tiedonkulkua suunnittelijoilta mm. hulevesirakenteiden hoito-ohjeiden toimittamisessa.

Ympäristönsuojelun ja rakennusvalvonnan parissa työskentelevät kokivat haasteena vastuutahojen epäselvyyden sekä valvonnan ongelmat. Yhteistyön ja tiedonkulun puute oli kaavoitajien ja viheraluesuunnittelijoiden suurin haaste. Aina tieto kunnossapidossa ilmenevistä haasteista tai kuntalaisten antama palaute ei saavuta suunnittelutahojä, varsinkaan kaavoittajia.

Eri tahojen välistä vuoropuhelua tulisi vastausten perusteella lisätä. Myös vastuutahojen selkeyttämistä ja valvonnan roolitusta tulisi miettiä. Vaikka eri hallinnonalojen edustajat kokevat osin samoja haasteita, ne näyttäytyvät erilaisina eri vaiheissa. Isoina haasteina kyselyssä nousivat esiin tiedonkulun puute, yhteistyön riittämättömyys ja kokonaisuuden hallinnan heikkous.

### **Hulevesi ja asukkaat**

Kyselyn vastausten perusteella asukkaita tiedotetaan hulevesiasioista satunnaisesti. Asukkaita osallistetaan hulevesirakenteiden suunnitteluvaiheessa vain vähän. Kuntalaiset tiedostavat hulevesihallinnan hyötyjä jonkin verran. Viihtyisyyskijät, tulvasuojelu ja vesistön laadun parantaminen tunnistettiin parhaiten, kun taas biodiversiteettihyödyt heikoiten. Asukkailta saadaan hulevesirakenteista positiivista palautetta suunnilleen saman verran kuin negatiivista tai neutraalia palautetta. Positiivisissa palautteissa korostuu rakenteen kokeminen viihtyisyys-

tekijänä, negatiivisissa eniten vastauksissa korostuu rakenteen kokeminen vaaralliseksi ja moitteet kunnossapidosta. Osa asukkaista on kokenut rakenteen tarpeettomana.

## Nykytila opinnäytetöiden näkökulmasta

Hämeen ammattikorkeakoulun YAMK-tutkintoa suorittaneiden opiskelijoiden tekemistä projekti- ja opinnäytetöistä saatujen huomioiden perusteella tiedetään, että suuremmissa kaupungeissa on varauduttu hulevesien hallintaan paremmin kuin pienemmissä kaupungeissa. Suurissa kaupungeissa on yleensä olemassa hulevesisuunnitelma, mutta kaupungeissa ei aina ole erikseen nimettyä henkilöä, jonka vastuulle huleveteen liittyvät asiat kuuluvat. Myös hulevesisuunnitelmien päivittämisessä on puutteita. Hulevesiverkostojen sijainnit ja varsinkin purkupisteiden paikat eivät ole aina tiedossa, mikä vaikuttaa varsinkin satunnaisten kaupunkitulvien taltuttamista tai rajaamista.

Lisäksi kuntien kaavoituksessa ja hulevesiohjelmissa kannustetaan käyttämään maanpäällisiä huleveden hallintamenetelmiä, joita ovat mm. läpäisevät päällysteet, avo-ojat, viivytsaltaat, painanteet ja kosteikot. Kaavamääräyksiin saatetaan liittää myös velvoite rakentaa viherkattoja tai sadepuutarhoja. Osa Suomen kaupungeista käyttää viherkerrointyökalua varmistamaan riittävän viherpinta-alan säilymisen ja hulevesitulvien ehkäisemisen. Viherkerroin kuvaa tontin kasvillisuuden ja vettä viivyttävien rakenteiden suhdetta tontin pinta-alaan.

Projekti- ja opinnäytetöistä selvisi myös, että rakennustyömaa-aikaisten hulevesien hallinnan ohjeistukset puuttuvat monista kunnista. Sen takia työmaiden hulevesien hallinta on monesti rakennusliikkeiden oman aktiivisuuden varassa. Vesien ja vesistöjen suojeleminen ei kuitenkaan ole ensisijaisesti rakennusliikkeiden intressinä, eikä niillä aina ole omaa ympäristönsuojeluun perehtynyttä henkilöstöä. Yhtenäisten ohjeistuksien avulla työmaiden valvonta olisi helpompi järjestää ja siitä tulisi luotettavampaa. Ympäristöasioihin on kuitenkin ilahduttavasti herätty ja esimerkiksi Helsingin Hanasaassa Vilhonvuorenkadun saneerauksessa pilaantuneen maan ja pohjaveden käsittelyyn räätälöitiin kohteeseen sopivat vedenkäsittelymenetelmät.

### 3.2 Työpajasarja kuntaorganisaatioiden kanssa

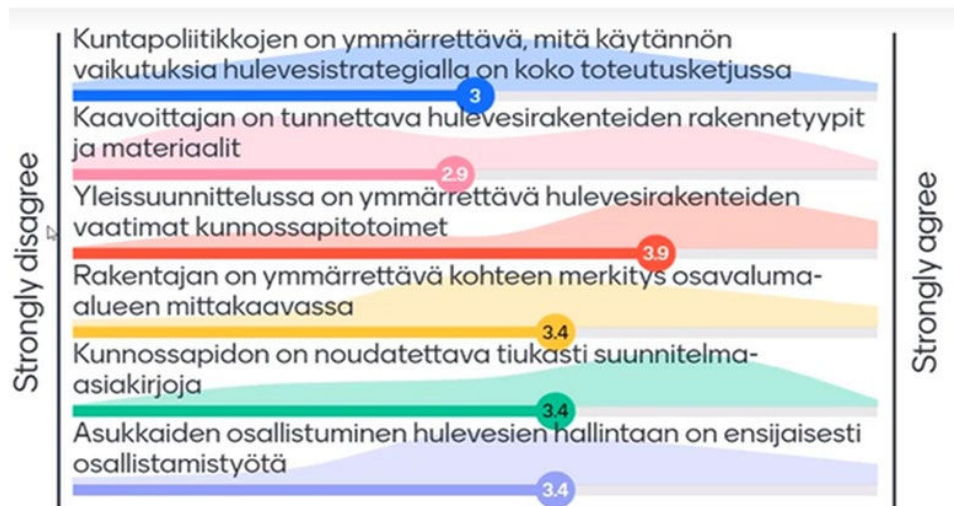
Hankkeen aikana järjestettiin yksi kuntaorganisaatioille suunnattu yleinen työpaja sekä kolmen työpajan sarja pilottipaikkakuntien, Hämeenlinna, Forssa ja Pirkkala, kanssa. Ensimmäiseen yleiseen työpajaan osallistui n. 30 henkilöä eri puolilta Suomea. Työpajan aikana keskityttiin kyselyssä nousseen kolmen teeman käsittelyyn: Miten ohjausjärjestelmää voidaan parantaa, millaista osaamista tarvitaan toteutusketjun eri vaiheissa ja mitä oman osaamisen taroituksenmukainen kehittäminen voisi olla.

Työpajaan osallistuneiden mielestä hulevesien hallinnan koordinointiin tarvittaisiin uusi henkilö tai osasto. Osallistujat kaipasivat myös parempaa keskusteluyhteyttä toteutusketjun eri osien välillä sekä lisäkoulutusta kaikille huleveden parissa työskenteleville. Isommissa kuntaorganisaatioissa on olemassa hulevesityöryhmä, johon kuuluu laaja-alaisesti eri osastojen edustajia. Pienemmissä kuntaorganisaatioissa työntekijöiden toimenkuvat ovat useimmiten laajat, jolloin uuden henkilön palkkaaminen hulevesien koordinointiin voisi olla toimivin ratkaisu. Oleellisinta on jalkauttaa osaamista eri yksiköihin ja niille, jotka työssään toimivat hulevesien kanssa.

Tietämys paikallisista olosuhteista koettiin tärkeäksi tekijäksi huleveden hallintarakenteiden suunnittelussa ja valinnassa. Tarkkoja mitoitusohjeita, kuten esimerkiksi huleveden varastoitumistila  $1 \text{ m}^3/100 \text{ m}^2$  läpäisemätöntä pintaa, pidettiin hankalina, koska ne eivät huomioi paikallisia olosuhteita, kuten maaperää ja kaltevuutta. Tästä syystä samat hulevesiratkaisut eivät toimi kaikkialla, eikä samaa määräystä voi kopioida kaava-alueelta toiselle. Joskus pieneltä tuntuvalla asialla voi olla yllättävän suuri merkitys: Kaivuutöissä käytettävä kauha voi pahimmillaan tiivistää maahuokokset tukkoon, jolloin kaivuukuopan imeytyskyky heikentyy ja kuoppaan muodostuu vesiallas. Tärkeintä olisi hyödyntää kuntaorganisaatiossa olevaa hiljaista tietoa tehokkaasti.

Mentimeter-kysymyksen avulla vastaajilta kartoitettiin eri roolien merkityksestä hulevesien hallinnassa (kuva 8). Kysymyksen otsikkona oli: ”Roolit hulevesien hallinnassa”. Vastaajat näkivät tärkeänä koko prosessin ymmärtämisen eri rooleissa. Oman perustyon osaamisen lisäksi

olisi oleellista ymmärtää hulevesirakenteen elinkaaren eri vaiheet sekä oman toiminnan merkitys koko toimintaketjun ja kokonaisuuden kannalta.



**Kuva 8** Mentimeter-kysymyksellä kartoitettiin eri roolien tärkeyttä hulevesien hallinnan kokonaisuudessa. 1 = täysin eri mieltä, 2 = eri mieltä, 3 = ei samaa eikä eri mieltä, 4 = samaa mieltä, 5 = täysin samaa mieltä

Hulevesien kanssa toimivilla on osaamisvajetta vaihtelevasti. Työpajaan osallistujien mukaan tekniisiin ratkaisuihin kaivataan sekä varmuutta että kokemusperäistä tietoa, jolla voi perustella suunnitteluratkaisuja epäilijöille. Toimivien esimerkkien lisäksi auttaisi myös tiukka ohjeistus. Yhteistyötä eri toimijoiden ja osastojen välillä tulisi lisätä, jotta päästäisiin kustannustehokkaisiin ratkaisuihin. Lisäksi suunnitteluvaiheessa tarvitaan käytännön kokemusta ja paikallista tuntemusta, jotta suunnitellut ratkaisut ovat toimivia.

### Kolmen kaupungin osallistavat työpajat

Yleisen nykytilaa kartoittavan työpajan jälkeen tavoite oli tarkastella hulevesiä valuma-alueitasoisesti tarkemmin kolmessa kaupungissa. Pilottipaikkakunniksi valikoituivat Pirkkala, Forssa sekä Hämeenlinna, joissa sekä pureuduttiin kunkin paikkakunnan käytänteisiin ja haasteisiin

tarkemmin ja lisäksi kehitettiin WSSP-työkalua eteenpäin Collaborative learning -menetelmällä.

Jokaisessa pilottikunnassa työpajaan osallistui henkilöstöä useilta eri hallinnonaloilta: kaavoituksesta, kunnallistekniikan ja viheralueiden suunnittelusta ja rakentamisesta tai rakennuttamisesta, kunnossapidosta, rakennusvalvonnasta, ympäristönsuojelusta sekä paikkatiedosta. Mikäli kunnan hulevedet olivat vesilaitoksen vastuulla, kutsuttiin mukaan myös vesilaitoksen edustaja. Jokaisen kuntaorganisaation kanssa pidettiin kolme työpajaa, joissa jokaisessa oli eri teema. Useimmat työpajoihin kutsutuista osallistuivat useampaan tai kaikkiin oman organisaationsa työpajoihin. Koska tiedonkulun puute, yhteistyön riittämättömyys sekä kokonaisuuden hallinnan heikkous koettiin alkukyselyn perusteella kuntaorganisaatioissa haasteeksi, työpajoissa tavoiteltiin kuntaorganisaatioissa hulevesiasioiden kanssa työskentelevien henkilöiden ryhmäyttäminen ja eri näkökulmien esiin tuominen.

### **Ensimmäinen työpaja**

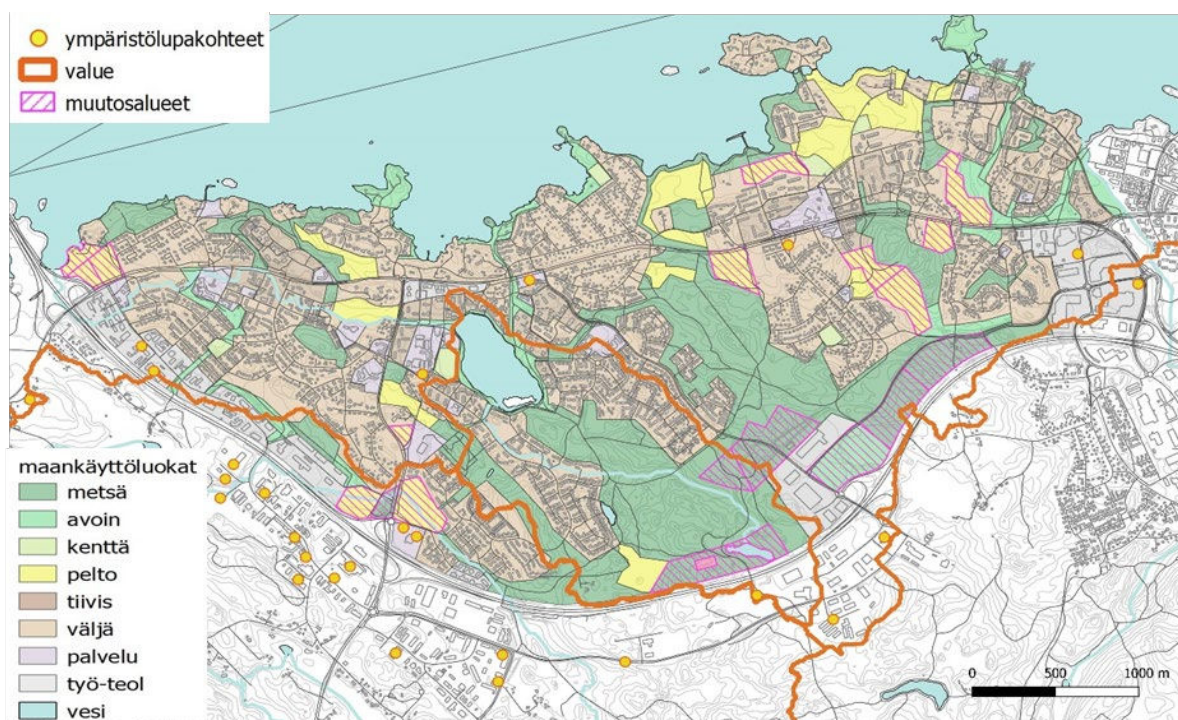
Ensimmäinen työpaja pidettiin touko-kesäkuussa lähitapaamisena, jonka keskeisenä tavoitteena oli selvittää hulevesien ja yhteistoiminnan nykytilaa kullakin paikkakunnalla sekä ryhmäyttää osallistujia ja käynnistää uudenlaista ajatustyötä. Jokaisessa kuntaorganisaatioissa tunnistettiin hulevesihallinnan haasteita, mutta keskustelussa nousi esiin myös oppimiskokemuksia. Työpajan keskustelujen perusteella koostettiin hulevesien hallintaa varten alustava maankäyttöluokitus ja sen soveltaminen kohdekaupungissa esimerkiksi otetulla valuma-alueella (taulukko 1).

**Taulukko 1** Luonnosversio ensimmäisen työpajan keskustelujen perusteella kootuista maankäyttöluokista sekä niiden hulevesiin liittyvät ominaisuuksista (vedenläpäisevyys tai läpäisemättömyys sekä toiminnot).

Maankäyttöluokka	Läpäisemätön pinta	Läpäisevä pinta	Toiminnot ja niiden riskit
<b>Keskusta-toiminnot</b>	Isot kattopinta-alat, laajat asfaltti- ja kiveysalueet	Vähäinen, nauhamainen tai pistemäinen yksittäiset puut	Palvelut, asuminen, vapaa-aika. Tehokas kuivatus, liikenne, katupöly, suuret kertahuuhtoumat
<b>Työteollisuus-alueet</b>	ja Isot kattopinta-alat, laajat asfalttikentät, pysäköinti	Vähäinen, nauhamainen kasvillisuus, yksittäiset puut	Toiminnasta riippuen haitta-ainekuorma, suuret kertahuuhtoumat, katupöly, yl. tehokas kuivatus
<b>Palvelut vähittäiskauppa</b>	ja Paljon kattopinta-alaa, laajat pysäköintialueet, asfaltoidut pihat	Murskepinnat, kooltaan pienet kasvillisuusalueet, nurmikko, nauhamaiset puu- tai pensasalueet	Liikenne, pysäköinti. Tehokkaasti kuivattuja alueita esim. Puutarhan hoito, auton pesu, altaat & paljut, kotieläimet
<b>Tiiviit asuinalueet</b>	Suurehko kattopinta-ala, pysäköintialueet, asfalttipihat	Murskepinnat, nurmikko, pensaita, puut yksittäin tai nauhamaisesti	Taloyhtiön ohjaama asukastoiminta
<b>Väljät asuinalueet</b>	Pienehköt isot terassit, asfaltoidut/ kivettyt pihat	Nurmikko, monikerroksellinen kasvillisuus; alueina, nauhoina tai pisteinä	Päätöksentekijänä asukas. Puutarhan hoito, auton pesu, altaat & paljut, kotieläimet
<b>Metsät</b>		Kaikki kasvuvaiheet	
<b>Pellot</b>			Jatkuva maanmuokkaus, ravinteet, kasvinsuojeluaineet
<b>Avoimet</b>		Nurmi- tai niittyalueet	Niitto
<b>Kentät</b>		Urheilukentät, nurmi-/kiviaines	Tehokkaasti hoidetut, rikkakasvien kemiallinen poisto, lannoitus ja kastelu

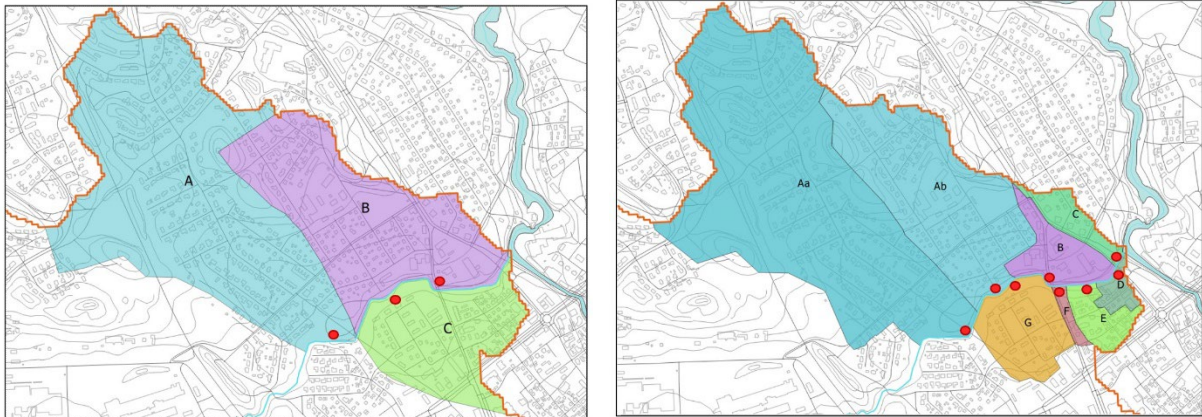


Tätä luokittelua käyttäen jokaisesta kaupungista tehtiin mallikartta yhdelle valuma-alueelle. Kuvassa 9 on Pirkkalan esimerkkialue. Yleiskaavasta saatua perusrakennetta tarkennettiin ilmakuvien perusteella erottelemalla puustoiset (yleensä kaavan V-alkuiset alueet) metsiin, avoimiin ja kenttäalueisiin. Lisäksi ilmakuvista saatavaa nykytilaa ja kaavaa vertaamalla eriteltiin muutosalueet, joita ovat esimerkiksi jo kaavoitetut, vielä rakentamattomana olevat alueet. Muutosalueisiin kuuluu myös metsäalueet, joihin on suunnitteilla isoja päätehakkuita, sillä hakkuu muuttaa aluetta radikaalisti hulevesien hallinnan kannalta moneksi vuosikymmeneksi.



**Kuva 9** Mallikartta luonnosvaiheen maankäyttöluokittelusta Pirkkalan esimerkkialueella.

Avoimien aineistojen pohjalta alue-työkavulla saatiin tehtyä luonnolliset, topografiaan perustuvat valuma- ja osavalueet. Kaupunkiympäristössä rakennettu hulevesiverkosto ja isot väylät kuitenkin vaikuttavat luonnolliseen valuma-alueeseen, jolloin purkupaikkaan kohdistuvat vesimäärät voivat lisääntyä merkittävästi. Tämän takia hulevesiverkosto otettiin tarkasteluun mukaan. Kuvan 10 esimerkkikohteessa on huomioitu luonnollisen valuma-alueen lisäksi kaupunkiympäristön hulevesiverkosto, joka muuttaa luonnollisen valuma-alueen kokoa.



**Kuva 10** Esimerkki osavaluma-alueiden muuttumisesta, kun valuma-alueiden määrittäminen on tehty käsin maaston muotojen perusteella (vasemmanpuoleinen kuva) ja kun tarkastelun pohjalla on käytetty myös alueen hulevesiverkostokarttaa (oikeanpuoleinen kuva). Punainen piste kuvaa osavaluma-alueen purkupistettä.

Työpajan karttatyöskentelyssä osallistujia pyydettiin merkitsemään kartalle onnistuneet hulevesikohteet sekä paikkoja, joissa huleveden kanssa on ollut tai odotetaan tulevan haasteita. Nämä ovat usein kohteita, joista paras tieto on paikallisilla toimijoilla esimerkiksi tulvien tai kuntalaispalautteen perusteella. Jokaisessa pilottipaikkakunnassa löydettiin kohteita, joita kartta-aineistojen perusteella ei olisi löydetty.

Työpajojen keskustelujen perusteella nähtiin tarpeelliseksi lisätä maankäyttöluokkiin myös erityisalue, johon sijoitetaan muihin luokkiin sopimattomia, tai niistä voimakkaasti poikkeavia erityiskohteita, kuten ampumaratoja, lumenkaatopaikkoja tai muita vastaavia huleveden laadun tai määrän kannalta poikkeavia alueita. Ensimmäisen työpajan perusteella pilottipaikkakuntien välillä on yhteisiä piirteitä, mutta myös eroja: ongelmia tunnistetaan melko hyvin, mutta kaikissa kaupungeissa luonnonmukaisia hulevesirakenteita ei ole vielä tehty lainkaan.

Alkukyselyssä esiin tullut yhteistyön vähyys hallinnon eri sektoreiden välillä tuli ilmi myös pilottipaikkakuntien työpajoissa. Henkilökemiat voivat joko auttaa tai haitata yhteistä keskustelua. Avoin ja rakentava tiedonjakaminen aiemmista virheistä sekä selkeä halu parantaa toimintatapoja yhdessä koettiin tärkeäksi. Joissain asenteissa ilmennyt jopa syyllistävä henki

siitä, miten muut eivät tee asioita oikein tai tarpeeksi, ei yleisesti ottaen ole paras mahdollinen yhteistyön lähtökohta.

## **Toinen työpaja**

Toinen työpaja pidettiin pilottipaikkakunnilla verkkotapaamisena kesäkuussa 2022. Työpaja keskittyi työstämään hulevesiverkostokartan käytettävyyttä ja täydentämistarpeita yleisesti ja jokaisessa pilottipaikkakunnassa. Lisäksi tavoitteena oli kuvata huleveden syntyä eri maankäyttöluokissa sekä arvioida hulevesiriskiä paikallisesti ja pohtia työtapoja sen määrittämiseen. Jokaisella pilottipaikkakunnalla koettiin, että luontaisia valuma-alueita ja rakennettuja putkiverkostoja kuvaavan kartta-aineiston tulisi olla yhdessä, mieluiten paikkatietopohjaisessa järjestelmässä. Näin kokonaisuuden hallinta helpottuisi niin suunnittelussa kuin kunnossapidossakin. Nykyisellään aineistoja yhdistettäessä datassa on huomattu puutteita ja epäjatkuuskohtia, jolloin veden virtauksen suuntaa ei aina saada selville automaattisesti. Haasteita on myös mittaustiedon tuonnissa järjestelmiin. Aineiston korjaamisen todettiin olevan iso, jopa vuosia kestävä työ. Puutteellista karttatietoa on lisäksi täydennettävä paikallistuntemuksella.

Pilottipaikkakuntien esimerkkikohteita käytettiin apuna WSSP:n suunnittelussa. WSSP:n toivottiin olevan karttapohjainen, helppolukuinen ja tarpeelliset asiat esittävä. Kriteeristön toivottiin löytyvän helposti. WSSP:n automatisoinnin kehittämiseksi pilottipaikkakunnilta kysyttiin perustietoja mm. sadevesijärjestelmistä. Pilottipaikkakunnissa oli muitakin eroja, mm. maaperä ja kaltevuus vaihtelevat, joten esimerkiksi eroosio on ongelma toisaalla, mutta ei kaikkialla. Ongelmallista maaperää, kuten sulfidisavea tai arseenimaata ei ole kaikkialla. Myös pilottipaikkakuntien erityisalueet, mm. ravirata, ampumarata, golfkenttä tai iso maanläjitysalue, poikkeavat toisistaan. Myös kaupunkien tiivistämisen paine vaihtelee, toisaalla kaavavaraa on runsaasti jo valmiina ja rakentamisen tahti rauhallinen, toisaalla tiivistäminen ja täydennysrakentaminen on vilkasta.

Kaupunkien välillä havaittiin yhtäläisyyksiä, mutta myös eroja, niin biofysisissä tekijöissä kuin organisaatioiden tavassa järjestää toimintoja tai panostaa yhteistyöhön. Tästä syystä myös WSSP:n tulee mahdollistaa paikallisten tekijöiden huomioiminen.

## Kolmas työpaja

Kolmas työpaja järjestettiin verkkotapaamisena syyskuussa 2022. Työpajassa käytiin läpi hankkeen eri työpakettien alustavia tuloksia ja WSSP:n tilannetta. Lisäksi käytiin keskustelua kunkin kaupungin hulevesisuunnitelmista, likaisimmista hulevesistä sekä työmaavesistä. Pilottipaikkakuntien kokemat haasteet on koottu kuvaan 11 ja parhaat käytänteet kuvaan 12. Keskeisiä haasteita ovat mm. osaamisen puute, resurssipuula, tiedonkulun puute sekä lähtöaineistojen puutteet ja vanhentunut tieto. Pilottipaikkakunnilla tunnistettiin myös toimivia käytänteitä, kuten verkostoituminen ja avoin ajatusten vaihto sekä hulevesiverkoston ajantasaisuus.

### *Kaupunkityöpajojen yhteenveto*

#### Keskeiset haasteet pilottikunnissa:

##### Ohjausjärjestelmät:

- Usein päivitysten tarpeessa (vanhentuneita)
- Kaivataan kokonaisnäkemyä ja selkeämpiä toimintaohjeita hulevesien käsittelyyn - usein kilpailevia teemoja, jotka vaativat ohjaukselta fokusointia
- Kaavojen kautta muutos on hidasta

##### Osaamisvajetta ja kokemuksen puutetta

##### Asenteet:

- Kuntalaisilla tietämättömyyttä ja muutosvastarintaa
- Rakentamisessa jopa välinpitämättömyyttä

##### Data:

- Putkikartoissa puutteita ja yhdistämistarpeita
- Lähtötieto sirpaleina eikä yhdessä paikassa helposti saatavilla
- Tiedontuottamisessa on tunnistettu haasteita eri toimijoiden välillä (urakoitsijat, oma tuotanto)

##### Vastuunjaon epäselvyys:

- Vesihuolto/ kaupunki
- Suunnittelu/ rakennusvalvonta/ [ymp.suojelu](#)

##### Suunnittelu:

- Ajan puutetta ja kiirettä
- Fyysisen tilan haasteet: tilan ahtaus rakenteille, läpäisemättömät maalajit, jo rakennettu putkisto ei houkuttele tai ohjaa muihin ratkaisuihin

##### Rakentaminen: tiukat

aikataulut, joskus rakennetaan ennen suunnitelmia

##### Valvonta: resurssivajetta

##### Kunnossapito:

- Resurssivajetta
- Osaamisvajetta, ei ehkä ymmärretä mikä on yksittäisen rakenteen rooli kokonaisuudessa

**Kuva 11** Alkukyselyssä sekä pilottipaikkakunnissa järjestetyissä työpajoissa esille tulleita kokemuksia huleveden hallinnan haasteista.

#### Verkosto:

- Ojat mukaan verkostotarkasteluun putkien kanssa samalla tavalla, pintamalli, ojat ja putket vektoreina, joilla ominaisuustietona korkeus ja suunta
  - Eri kunnossapitäjät (vesilaitos, kaupunki) – yhteinen malli -> parempi yhteistyö -> parempi verkoston kunnossapito
  - Kunnossapitotöiden kohdentaminen myös ojiin helpottuu, selvilläolovelan ajantasaisuus

#### Hulevesimaksu:

- Hulevesimaksun hyväksyttävyyden paranevat erityisesti verkoston ulkopuolella, jos myös ojat nähdään verkoston osina

#### Työtapa:

- Työyhteisössä matalan kynnyksen verkostoitumista: fyysisesti läheisesti sijoittuvat työpisteet, kahvihuonekeskustelut
- Avoin ajatustenvaihto, myös virheiden jakaminen ja niistä oppiminen koko työyhteisön kehittämiseksi, ns. **rakennusvirhepankki**



**Kuva 12** Pilottipaikkakuntien työpajoissa esiin tulleita hyviä käytänteitä, joita kannattaa jatkaa ja lisätä oman organisaation sisällä.

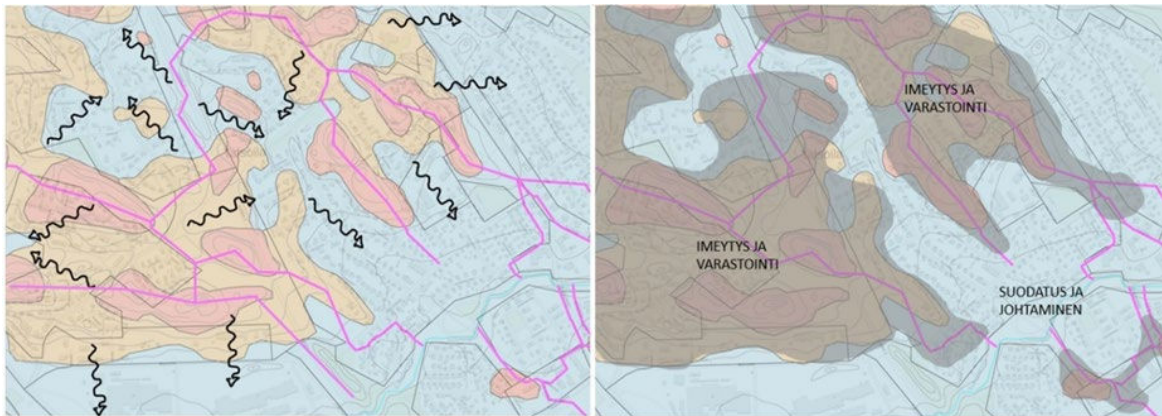
Kolmannessa työpajassa esiteltiin hankkeen aikana syntyneitä tuloksia ikääntyneistä hulevesirakenteista (tarkemmin kappaleessa 3.3) sekä kasvipeitteisten huleveden imeytysrakenteen talviaikaisesta toiminnasta (tarkemmin kappaleessa 4.1). Lisäksi esiteltiin tuloksia lietebiohiilen vaikutuksesta jätteidenkäsittelyalueella syntyvän huleveden vedenlaatuun (tarkemmin kappaleessa 4.2) sekä suodatuskokeiden tuloksia (tarkemmin kappaleessa 5.3).

Työpajassa keskusteltiin työmaan hulevesien käsittelystä. Pilottipaikkakunnilla on erilaisia käytänteitä vaatia ja valvoa työmaa-aikaisten hulevesien käsittelyä. Osalla pilottipaikkakunnista on käytössä perusohje, jonka mukaan hulevesiä ei saa puhdistamattomana johtaa kunnan verkostoon, ja työmaan hallintasuunnitelmassa vaaditaan mm. esittämään, minkä altaiden kautta ja minne vesi ohjataan. Hulevesien ympäristömääräyksistä saatetaan muistuttaa aloituskokouksessa ja lisäksi ohjeistaa niiden käsittelystä tarkemmin. Vaikka varsinaista työmaaavesiohjeistusta ei vielä ole tehty kaikkiin pilottikuntiin, maalämpökaivojen poraamisessa syntyvät hulevedet on säännelty ja ohjeistettu kaikissa kunnissa. Kaikissa pilottipaikkakunnissa valvonnan resurssi koettiin riittämättömäksi. Urakoitsijoiden toiminnan koettiin huomioivan hulevesiasiat työmailla paremmin kuin aiemmin.

Työpajassa esiteltiin WSSP:n suunnitteluvaihe ja keskusteltiin esille nousseista haasteista ja ratkaisuvaihtoehdoista. WSSP:ssä riskien tunnistaminen on ensimmäinen vaihe, jonka jälkeen on vuorossa hallintarakenteiden valinta eri alueille niiden tarjoamien ominaisuuksien ja mahdollisuuksien mukaan (kuva 13).

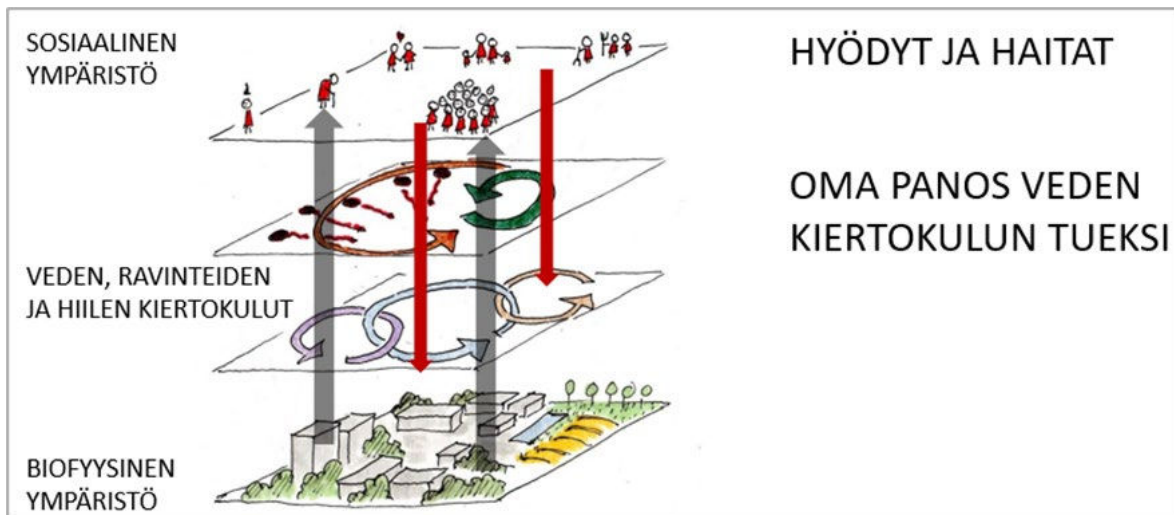
Huleveden hallintarakenteiden määrittämisen prioriteetit:

1. Luontaisen veden kiertoakulun tuki maisemaekologisesta näkökulmasta
2. Maankäyttöluokka ja sen riski
3. Ihmisen toiminnan mahdollisuudet (+ / -)
4. Pistemäiset lisäriskit



**Kuva 13** Kuvaparissa vasemmalla näkyy veden virtaussuunnat osavalmu-alueilla sekä maaperä. Nämä tekijät yhdistämällä saadaan huleveden käsittelyyn käytettävät menetelmät alueittain (oikealla).

WSSP:n maankäyttöluokituksen kehittämisessä huomioitiin paitsi rakentamisesta johtuva läpäisemättömän pinnan osuus, myös tyypillinen ihmistoiminta kussakin maankäyttöluokassa. Ihmisen toiminnan hyödyt ja haitat hulevesien hallintaan on koottu kuvaan 14.



**Kuva 14** Ihminen vaikuttaa hulevesiin biofyysisen ympäristön lisäksi myös oman toimintansa kautta. Toiminta on usein ollut haitaksi, mutta oikeilla valinnoilla voimme myös parantaa tilannetta.

Ihmisten käytökseen ja valintoihin voidaan vaikuttaa. Työpajoissa pohdittiin keinoja, miten kunnan asukkaita, taloyhtiöitä, yrityksiä tai yhdistyksiä voitaisiin houkutella kestävään huleveden hallintaan ja kenen tehtävä sen tulisi olla. Työpajassa esille nousseita kehityskohteita ovat mm.

- Tiedon lisääminen: minkälainen hallintarakenne voidaan tehdä minnekin ja minkälainen aluevaraus rakenteelle tarvitaan.
- Hulevesimaksun alentaminen, jos rakennetaan esimerkiksi tonttikohtainen sadepuutarha tai iso vettäläpäisevä pinta.
- Yhteisöllisyyden lisääminen hulevesien vähentämiseksi: Hulevesien hallintaan tarkoitettut viherrakenteet tulisi nähdä maisemapalveluna kaikille. Asukkaiden innostuminen hulevesiasioista ja saada mukaan yksittäisten ihmisten lisäksi taloyhtiöt ja yritykset.
- Kunnossapito: Sadevesikaivojen sakkapesien oikea-aikainen tyhjennys, jossa taustatyönä mahdollisesti riskikartoituksella saatu tieto, missä on tihentynyt tyhjennystarve
- Kaavoitus: sosiaalisen ympäristön ja ihmisten toiminnan huomioiminen sekä kaupunkivihreän mukaan ottaminen suunniteltaessa tehokasta ja viihtyisää

kaupunkiympäristöä. Ilmastonmuutokseen varautuminen ja tiivistämisen paine luovat haasteita hulevesien hallinnan suunnittelulle.

WSSP-työkalun kehittäminen eteni saadun palautteen perusteella. Eri sektoreilta saadun palautteen perusteella kehitettiin etenkin ihmisen toimintaan liittyviä haasteita ja mahdollisuuksia. Työpajaan osallistujilla heräsi omaan työnkuvaan liittyviä kehitysideoita sekä ajatuksia, miten kuntalaisia saadaan innostettua huleveden hallintatalkoisiin.

### **HULVATTU-hankkeen loppuseminaari helmikuussa 2023**

Hankkeen kolme pilottipaikkakuntaa kutsuttiin yhteisesti koolle vielä hankkeen omaan loppuseminaariin, jossa jaettiin WSSP:n kehittämisen kokemuksia, avattiin tarkennettuja riskikriteereitä sekä kerrottiin tiiviisti erillisten työpakettien keskeiset tulokset. Tavoitteena oli varmistaa, että hankkeeseen osallistuneet tahot saivat käyttöönsä myös erillisten selvitysten tulokset, vaikka eivät ottaisiakaan WSSP-toimintamallia käyttöönsä.

Tilaisuudessa hahmoteltiin toimintamallin näkökulmasta seuraavia kehittämisen vaiheita. Keskustelun perusteella paikallisen tavoitetilan määrittelyn tulisi olla nykyistä hienosyisempää, eikä vain huleveden hallintaa. Olisi tarkoituksenmukaista tunnistaa alueet, joissa suositetaan imeyttäviä huleveden hallintarakenteita ja vettä johtavat rakenteet. Tämä määrittely voisi hyvin kuulua osaksi WSSP:tä ja siten yhdistää kaavoituksen, rakennusvalvonnan, katu- ja puistotoimen sekä vaikkapa alueurakoinnin toimijat kaupunkiorganisaation sisällä.

Toinen loppuseminaarin keskeisistä sisällöistä koski luonnonmukaisten hallintarakenteiden luotettavuutta eri sadetilanteissa ja sääolosuhteissa sekä toisaalta erilaisissa haitta-aineiden kuormitustilanteissa. WSSP-toimintamallin kehittämisen myötä on tullut entistä selvemmäksi, ettei näihin kysymyksiin ole yhtä yksiselitteistä vastausta. Huleveden hallinnan on oltava aina paikallisiin olosuhteisiin räätälöityä. WSSP-toimintamalli näyttää tarjoavan tarkoituksenmukaisen priorisointimahdollisuuden räätälöintikohteiden sijoittamisesta kaupunkirakentamiseen.



### 3.3 Rakennettujen hulevesikohteiden havainnointi

Hankkeen aikana selvitettiin, miten vuosia sitten rakennetut kasvipeitteiset hulevesirakenteet toimivat nykyhetkessä. Työpajoissa mukana olleissa pilottipaikkakunnissa ei ollut olemassa vanhoja hulevesirakenteita, joten kohteiksi valittiin Espoosta ja Vantaalta erilaisia hulevesirakenteita, joiden ikä oli 4–11 vuotta. Kohteiksi valikoitui sekä katualueelle kadun ja kevyenliikenteenväylän väliin sijoituvia hulevesirakenteita (kuva 15) että isommille viheralueille sijoituneita viivyttyviä ja/tai suodattavia hulevesirakenteita (kuva 16).

























**Kuva 15** Katualueiden kohteita, vasen Meiramitieltä, oikea Tikkurilantieltä. Kuvat Virpi Hannuksela.



**Kuva 16** Puistoalueiden kohteita, vasemmalla Pohjoisenneulanpuistoa, oikealla Kirkkojärvenpuistoa. Kuvat Virpi Hannuksela.

Kohdekäynnillä elokuussa 2022 jokaisesta kohteesta otettiin maanäytteet. Maanäytteenotto on kuvattu lyhyesti kohdassa Menetelmät (s.6) sekä tarkemmin liitteessä 3. Maanäytteenoton lisäksi arvioitiin kasvillisuuden peitteisyyttä ja kasvukuntoa, rakenteen toimivuutta

bio-suodatuksessa sekä kohteen merkitystä viihtyisyyden ja monimuotoisuuden kannalta (kuva 17). Näytteenottoa oli edeltänyt pitkä poutakausi. Osa kohteista oli todella kuivia, mutta muutamat olivat sateettomuudesta huolimatta märkiä ja jopa vesipintaisia. Näissä suodatuksissa oli joko hidasta tai loppunut kokonaan. Kuivien rakenteiden suodatuskyky vaikutti hyvältä, mutta osassa kasvillisuus oli kituliasta.

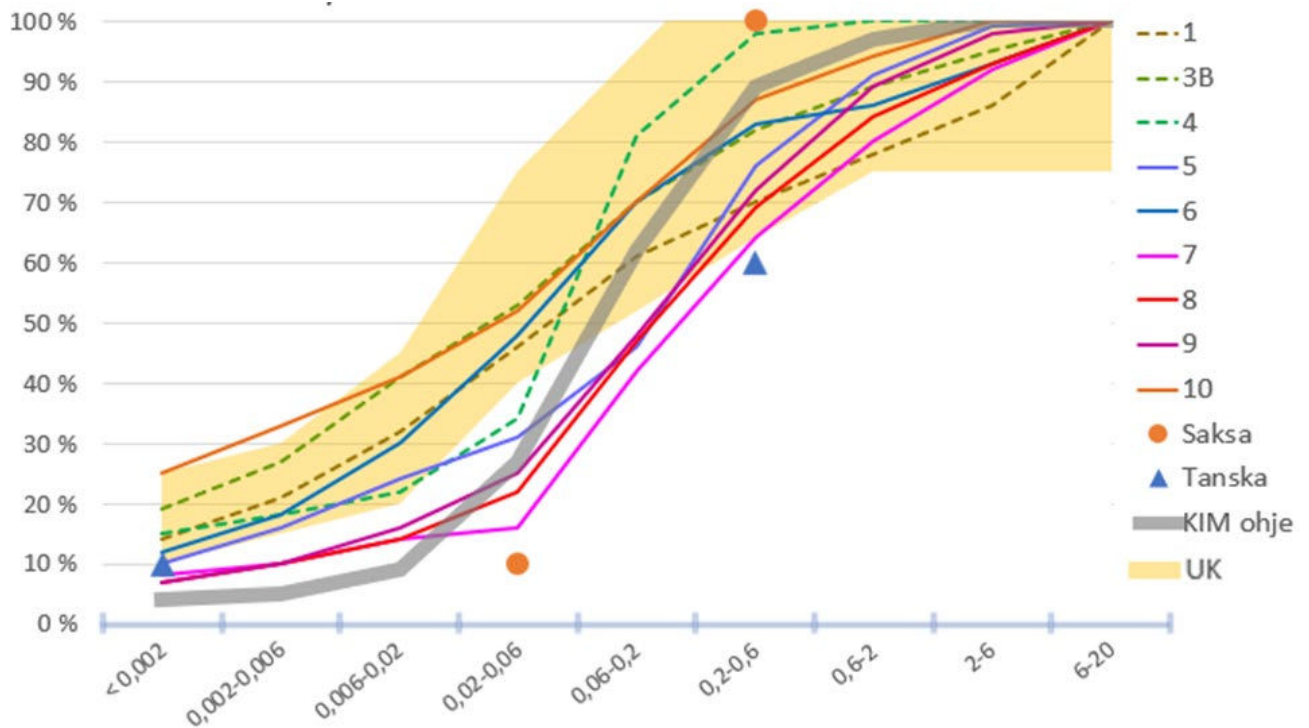
NÄYTE NRO	KOHDE ja rakennusvuosi	KUVAUS	PEITTEISYYS % ja KASVUKUNTO (1 heikko, 3 norm, 5 rehevä)	TOIMIVUUS BIOSUODATUKSESSA	VIHTYISYYS / MONIMUOTOISUUS
1	Pellaksenhaka (2015), hulevesikosteikko	lähinnä viivytyksellä, tukkeutunut (ympäriä rakentamista). Umpeenkasvanut, luonnonkasvillisuus. Veden kyllästävä, osin vesipintaa. Suodatinkangas mudan alla.	100 %, kerroksellinen, myös puuvartista / 5		2 
2	Kirkkojärvenpuisto, 2013, uoma	pohja umpeenkasvanut, valtalaji osmankäämi, reunat niitetty. Pohjalla vesipinta, reunat kuivahkot (kivilouhe). Kivilouhe – ei maanäytettä.	100 % / 4		2 
3A ja 3B	Pohjoisneulanpuisto, 2015, kosteikat (Magneetikatu 10)	imeytystä pitäisi olla, keskellä vesipintaa paljon, reunat märät. Monilajinen luonnonkasvillisuus.	100 % / 5		3 
4	Pohjoisneulanpuisto, 2015, kosteikat (Magneetikatu 14)	imeytystä pitäisi olla, laaja vesipinta, reunat märät. Monilajinen luonnonkasvillisuus.	100 % / 5		2 
5	Merituulentie, 2018 (ei biohiili), kadun ja klv väli, perennat	perennat viihtyivät erinomaisesti, paremmin kuin biohiililohkolla. Maa kuivahko, kaivon lähellä hiukan kosteutta.	100 % / 5		4 
6	Merituulentie, 2018, (ei biohiili), kadun ja klv väli, pensaas	suunnitelmassa pensaas, nyt muutama matala paju reunoilla, muuten heinittynyt pahasti. Kuivahko.	pensaas 5 % / 1 ruohovartista 80 % / 3		1 
7	Meiramitie, 2011, kadun ja klv välikaista, pihlaja-angervo 'Sem'	katekangas, näytteet pensaiden tyveltä. Pensaas rehevät. Maa kuiva.	80-90 % / 3		3 
8	Meiramitie, 2011, kadun ja klv välikaista, piikkuherukka	katekangas, näytteet pensaiden tyveltä. Pensaas kituliaat ja alue osin heinittynyt. Maa kuiva.	70 % / 2		2 
9	Meiramitie, 2011, kadun ja klv välikaista, rantavehänä	katekangas reunoilla rantavehänä, pohjalla nurmi ilman kangasta, näytteet pohjalta. Rantavehänä hiukan heinittynyt, pohjan nurmi kitulias. Maa kuiva.	70 % rantavehänä / 3 50 % pohja / 2		3 
	(Koisotie), lumenkaatopaikka ja ympäröivän puiston altaat	ei näytettä, rakenne kiveä, välit täyttyneet kiintoaineksella. Vettynyt, alemman altaan reunoilla imevää pintaa, ylemmässä vesipinta.	90-100 % / 5		3 
10	Tikkurilantie, 2013, välikaista, kurjenmiekkä ja heinät	katekangas, näyte pohjalta kasvien tyveltä. Perennojen kasvukunto hyvä, mutta eivät voi kankaan vuoksi levitä. Maa kuiva.	60-70 % (kangas rajoittaa) / 3		3 

**Kuva 17** Vanhojen hulevesirakenteiden rakenteiden tiedot, kasvipeitteisyys, kasvukunto sekä toimivuus bio-suodatuksessa ja viihtyisyys sekä monimuotoisuus. Rakenteen suodatuskykyä kuvaavat vesipisararat, jossa 1=huono, 2=tyydyttävä, 3=hyvä. Alueen viihtyisyyttä on arvioitu numeerisesti asteikolla 1-4, jossa 1=heikko, 2=keskinkertainen, 3=hyvä ja 4=erinomainen. Hyönteisen koko kuvaa kolmiportaisella asteikolla arviota alueen monimuotoisuudesta.

Maanäytteistä teetettiin rakeisuuskäyrät. Erot koostumuksessa olivat isoja, erityisesti hienojakoisten lajitteiden osalta. Tutkituista kohteista ei ollut saatavilla alkuperäisen,

rakennusaikaisen kasvualustan tietoja, minkä takia absoluuttista kiintoaineksen lisäystä koh- teessa ei voitu laskea. Hienojakoisen aineksen osuus oli kaikissa kohteissa suurempi kuin ra- kentamisen aikana voimassa olleiden VYL-kasvualustasuosituksissa on suositeltu. Ainoastaan Meiramitiellä kasvualusta hienojakoisen aineksen osuus jäi suositusrajan alle. Meiramitien kasvualusta on saatettu rakentaa alun perin suosituksia karkeammaksi.

Maanäytteistä saatuja rakeisuuskäyriä verrattiin eurooppalaisiin biopidätys-kasvualustojen suosituksiin (Ewing 2013, alkuperäisestä mukaeltuna). Eri maiden suositukset poikkeavat toi- sistaan varsin paljon esitystapansa osalta, sillä kaikissa maissa varsinaista rakeisuuskäyrää ei ole, vaan suositukset perustuvat tiettyjen raekokojen minimi- ja maksimimääriin (kuva 18). Eurooppalaisten ohjeiden "silt" sekä "fine, medium ja coarse sand" täsmättiin vastaamaan suomalaisia GEO- ja RT-luokituksia siten, että rakeisuudesta saatiin vertailukelpoiset. UK-suosi- tuksessa hienojakoisen aineksen osuus on suurin. Saksan suosituksessa on runsaasti hiekkaa, mutta erittäin vähän savea ja silttiä. Tanskan suositus on lähellä UK:n karkean aineksen suosi- tuksia, kun taas suomalainen KIM-ohje (Tahvonen 2018) suosii hietaa ja hienoa hiekkaa. Lähes kaikkien tutkittujen kohteiden hienojakoisen aineksen osuus oli useampia suosituksia suu- rempi, vaikkakin ne mahtuivat UK-suosituksen suurelle vaihteluvälille.



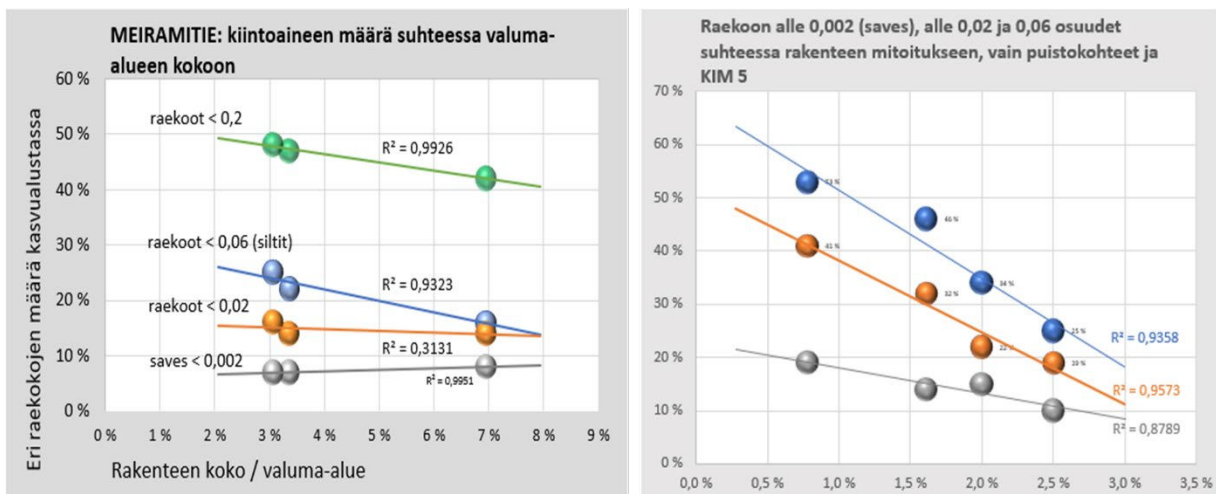
**Kuva 18** Biosuodatukseen käytettävien kasvualueiden suosituksia Euroopassa sekä suomalainen KIM-ohje. Kuvassa myös tutkittujen kohteiden rakeisuuskäyrät. Puistoalueiden kohteet on merkitty katkoviivalla ja katualueille sijoittuvat kohteet yhtenäisellä viivalla. Meiramitien näytteissä (kohteet 7–9) hienojakoisen kiintoaineksen määrä on selkeästi pienin.

Analysointivaiheessa kohteiden kiintoainekoostumusta suhteutettiin kohteiden ikään ja suhteelliseen kokoon. Kohteiden suhteellinen koko laskettiin jakamalla rakenteen pinta-ala rakenteeseen johtavan valuma-alueen pinta-alalla. Isoimpien puistokohteiden valuma-alueet pystyttiin laskemaan paikkatieto-ohjelmiston avulla, mutta pienemmät katukohteet oli määritettävä kaupunkien karttapalvelun kautta saatavien karttojen, korkotietojen, ilmakuviin ja Googlen Street view-kuvien avulla. Puistoalueilla olevien kohteiden vaihteluväli 0,8–2,0 % (ka 1,5 %, mediaani 1,6 %) ja katualueilla olevilla kohteilla 3,1–21,5 % (ka 9,8 %, mediaani 5,7 %). Mitoituksessa huomattiin selkeä ero katu- ja puistoalueiden kohteiden välillä. Maastokäynnillä katukohteiden todettiin suodattavan hulevettä tehokkaasti, vaikka ne olivat vanhempia rakenteita kuin puistokohteet. Puistokohteissa hulevesirakenteiden suodatuskyvyn todettiin heikentyneen tai loppuneen kokonaan.

Kiintoaineksen rakeisuuden vertailussa käytettiin seuraavia kertymiä:

- < 0,002 mm: savi
- < 0,02 mm: RT-luokituksen hiesut, vastaa Tanskan luokituksen silttejä
- < 0,06 mm: RT-luokituksen Hs+hHt, Geo-luok. siltit, vastaa Saksan ja UK:n silttejä
- < 0,2 mm: RT-luokituksen Hs+Ht, Geo-luok siltit+hHk, vastaa muiden maiden hienoa hiekkaa

Mitoituksen ja kiintoaineen kertymisen väliltä havaittiin yhteys verratessa puistokohteita sekä Meiramitien kolmea kohdetta (kuva 19). Mitä pienempi mitoitus hulevesirakenteessa oli, sitä enemmän hienojakoista ainesta siihen oli kertynyt. Sitä vastoin kaikkia kohteita tai katu-kohteita vertaamalla yhtä selkeää yhteyttä ei ollut. Tätä saattaa suurelta osin selittää Meiramitien kohteiden ilmeisesti alun perin erilainen kasvualusta.



**Kuva 19** Kiintoaineen kertymisen ja hulevesirakenteen suhteellisen koon välinen yhteys. Molemissa kuvaajissa raekoot on esitetty samoilla väreillä. Meiramitiellä olosuhteet kaikissa kolmessa havaintopisteessä olivat samat, vain rakenteen koko suhteessa valuma-alueeseen vaihtelee.

Kiintoaineen kertymisestä hulevesirakenteeseen tarvitaan vielä lisää tietoa, jotta esimerkiksi peruskunnostuksen tarvetta voitaisiin suunnitella ennakoiden. Myös hulevesirakenteen mitoitukseen tulee kiinnittää huomiota. Tässä hankkeessa saatujen tulosten perusteella

vaikuttaa siltä, että 1–2 % mitoitus ei ole riittävä, vaan hulevesirakenteen tulisi olla suositusta suurempi.

## Lähteet

Ewing, C. 2013. Assessment of International Bioretention Soil Media: Guidelines and Experiences; University of Copenhagen: Copenhagen, Denmark.

Tahvonen, O. 2018. Adapting bioretention construction details to local practices in Finland. Sustainability, 10(2), 276.

### Kartoissa käytetyt pohja-aineistot

MML 2022–2023. Maastotietokanta. <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/tiedostopalvelu/maastotietokanta>

Pirkkalan kunta 2022. Ympäristölupakohteet.

Pirkkalan Kunta 2016. Osayleiskaava.

GTK 2019. Maaperä 1:20 000/1:50 000. <https://hakku.gtk.fi/fi/locations/search>

## 4. Toimivuuden ääritilanteet

**Kirjoittajat: Salla Leppäkoski, Josefiina Ruponen, Linda Röman (HSY), Anu Koponen, Harri Mattila, Joni Niemi, Maritta Kymäläinen**

Tässä luvussa käsitellään huleveden hallintarakenteiden toimintaan liittyviä ääritilanteita, kuten biosuodatusrakenteiden kiintoainekuorman sietoa ja talvitoimintaa, erilaisten biohiilisuodattimien kykyä erityisen heikkolaatuisen veden suodattamisessa sekä yhdyskuntalietteestä valmistetun lietebiohiilen käyttöä.

Työpaketin tärkeimmät tulokset:

- Kasvipeitteiset imeytysrakenteet toimivat lähes läpi talven sääolosuhteista riippumatta
- Kasvipeitteiset imeytysrakenteet kestävät huomattavaa kiintoainekuormitusta

- Lietebiohiilen käyttämisessä hiekkasuodattimen tehostajana on potentiaalia äärimmäisen likaisten hulevesien, kuten vanhojen kaatopaikkojen suotovesien puhdistamisessa
- Kenttämittakaavan kokeissa lietebiohiiltä sisältävät suodattimet onnistuivat poistamaan keskimäärin 6–18 % suodattimiin tulevasta liukoisesta fosforikuormasta
- Ämmäsuon biosuodatusalueella hulevedestä saatiin poistettua sekä kiintoainesta että ravinteita

Hulevesien asianmukainen hallinta on haastavaa useammasta eri syystä. Monissa kunnissa pelkästään olemassa olevien verkostojen sijainnin selvittämisessä on paljon tehtävää. Taajamissa ei tahdo olla riittävästi tilaa luonnonmukaisten ratkaisujen toteuttamiseen, vastuiden jakamisessa on puutteita ja niin edelleen. Erilaiset ääritilanteet lisäävät ongelmia huomattavasti. Erilaiset ympäristöonnettomuudet, rankkasateiden aikaiset runsaat hulevedet ja niiden heikko laatu monilta teollisuusalueilta, ratapihoilta ja jätehuollon alueilta tai esimerkiksi tukkeutuneiden (hulevesi-)viemäreiden aiheuttamat ylivuototilanteet eivät ole harvinaisia ilmiöitä. Kuten tiedämme, ilmastonmuutoksen mukanaan tuomat sään ääri-ilmiöt tulevat mitä todennäköisemmin lisäämään sekä niiden aiheuttamia vahinkoja että niihin liittyviä hulevesien hallinnan ongelmia.

Lähitulevaisuudessa joudumme varautumaan sään ääritilanteisiin yhä enemmän. Eri alat yhdistävää tulevaisuuden suunnittelua kaivataan niin hulevesien hallintaan kuin muihinkin yhteiskunnan toimintoihin. Useissa yhteyksissä on todettu maankäytön suunnittelun olevan avainasemassa hulevesien asianmukaisessa hallinnassa. Kuitenkin jokainen sektori aina rakentamisesta ylläpitoon ja kunnostukseen saakka ovat tärkeä osa hulevesien hallintaa.

#### 4.1 Kasvipeitteisen imeytysrakenteen toiminta

Kasvipeitteisiä huleveden imeytysrakenteita testattiin Lepaalle vuonna 2016 perustetulla koe-kentällä (KIM-kenttä), jossa seurattiin läpivirtaavan veden määrää, johtokykyä, lämpötilaa

sekä kaivossa olevan veden pinnankorkeutta. Koekentällä on viisi koesolua, joista kahdessa on huleveden hallintaan tarkoitettua hiekkaista kasvualustaseosta (KIM-seos) ja kahdessa kompostiseosta, jonka orgaanisen aineksen määrä on korkeampi kuin hiekkaisessa seoksessa. Molempia kasvualustoja on kahta eri syvyyttä, 80 ja 120 cm. Viidentenä koesoluna koekentällä on verranteena toimiva hiekkasuodatin, jonka syvyys on 80 cm. Koekenttää on aiemmin käytetty tutkittaessa, mikä on kasvipeitteisten imeytysrakenteiden veden suodatusnopeus verrattuna hiekkasuodattimeen. Kaikkiin varsinaisiin koesoluihin on istutettu samat kasvilajit, mutta vuosien saatossa kasvillisuus on muuttunut. Kasvillisuuden muutokset kartoitettiin syksyllä 2022.

### **Kiintoaines- ja ravinnekuormituksen vaikutus kasvipeitteisen imeytysrakenteen toimintaan**

Aikaisempina vuosina koesoluista on tutkittu ainoastaan läpivirtaavan veden määrää. Kesällä 2022 koesolujen pintakerrokseen lisättiin kiintoainesta, jotta nähtäisiin, miten koesolujen toiminta muuttuu, kun kiintoainekuormitus etenee tai muuttuuko koesolujen toiminta tai suodatuskyky. Kevät vuonna 2022 oli pitkään kylmä ja lumipeite sulii vasta toukokuun alussa. Koesolut olivat ennen syöttökertojen aloitusta kosteita, sillä lumipeitteen takia sulamisvettä oli paljon. Kokonaisuudessaan kesä 2022 oli vähäsateinen ja lämmin.

Kiintoainesta lisättiin yhteensä neljä kertaa kerran viikossa (taulukko 2). Jokaisella annostelukerralla jokaiseen koesoluuun lisättiin kiintoainesta (savi, jonka orgaanisen aineksen pitoisuus oli 2,4 %) sekä ravinteita (nitraatti ja fosfaatti). Sekä kiintoaineksen että ravinteiden määrät kaksinkertaistettiin edellisen annostelukerran pitoisuuksista. Jokaiseen soluun syötettiin lisäksi vettä 1250 litraa, joka vastasi 5,5 mm rankkasadetta 30 minuutin ajalla 227 m<sup>2</sup> kokoiselta vettä läpäisemättömältä valuma-alueelta.



**Taulukko 2** KIM-kentän kuormituksessa käytetyt ravinne- sekä kiintoainespitoisuudet eri syöttökerrroilla.

	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , mg/l	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , g/1250 l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mg/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , g/1250 l	TSS, mg/l	TSS, kg/1250 l
1 annostelu, 3.6.	0,3	0,73	3,0	6,18	8000	10
2 annostelu, 10.6.	0,6	1,46	6,0	12,36	16000	20
3 annostelu, 16.6.	1,2	2,93	12	24,71	32000	40
4 annostelu, 23.6.	2,4	5,85	24	49,42	64000	80

Jokaisella syöttökerralla mittakaivosta otettiin vesinäyte. Viimeisen annostelukerran jälkeen tehtiin yksi syöttö pelkästään vedellä, jotta nähtäisiin, onko kiintoainesta sitoutunut suodatinmateriaaliin vai kulkeutuuko se kasvualustan läpi. Kesän päätteeksi tehtiin uudelleen yksi syöttökerta pelkällä vedellä, jonka tarkoituksena oli selvittää kiintoainesten ja ravinteiden sitoutumista kesän aikana. Kesän 2022 näytteistä määritettiin kiintoainesta, nitraattityppi- (NO<sub>3</sub>-N) ja fosfaattifosforipitoisuus (PO<sub>4</sub>-P) sekä COD. Kiintoainesten määrittäminen sekä laboratorioanalyysien määrittäminen käytetyt testausmenetelmät on kuvattu kohdassa Menetelmät (s.6–7).

Odotetusti tehokkaimmin kiintoainesta suodatti hiekkasuodatin. Kasvipeitteisten imeytysrakenteiden suodatustehosta löydettiin myös eroavaisuuksia. Hulevesien käsittelyyn suunniteltu KIM-kasvialustaseos pidatti kiintoainesta paremmin kuin kompostiseos. Kiintoainesten pidättymisen kannalta enemmän merkitystä oli kuitenkin rakenteen syvyydellä, sillä riippumatta kasvialustan koostumuksesta, molemmissa syvissä koesoluissa mitatut kiintoainespitoisuudet olivat selvästi pienempiä kuin matalissa koesoluissa. Vallitsevat sääolosuhteet vaikuttivat kasvipeitteisten imeytysrakenteiden toimintaan. Suodatusrakenteen kuivumisen sade- ja sadetustapahtumien välissä on todettu parantavan imeytysrakenteiden vedenjohtavuutta, jolloin rakenne kestää suuremman kiintoainekuormituksen ennen tukkeutumista (Li & Davis 2008).

Mittaustulosten perusteella nitraattityppiä sitoutui eniten molempiin KIM-soluihin sekä matalaan kompostiin. Näissä mitattu nitraattityppipitoisuus jäi jopa alle hiekkasuodattimesta mitattujen pitoisuuksien. Syvän kompostin nitraattityypin pitoisuudet olivat selkeästi korkeammat kuin muilla koesoluilla, joskin viimeisellä rankkasadetuksella syvän kompostin nitraattityppipitoisuus putosi alle hiekkasuodattimesta mitattujen pitoisuuksien. Vaikka typpeä

annosteltiin kokeen edetessä runsaammin, suotautuneesta vedestä mitattu pitoisuus ei nousut. Koesoluihin lisätyn typen voidaan olettaa sitoutuneen kasvualustaan tai menneen kasvillisuuden käyttöön.

Fosfaattifosforipitoisuudet vaihtelivat koesoluittain sekä mittauskerroittain paljon. Kesäkuussa otetuissa näytteissä matalimmat fosfaattifosforipitoisuudet mitattiin syvässä kompostisolussa, mutta viimeisellä sadetuskerralla pitoisuus kohosi reilusti. Koesoluihin lisättyä fosforia on voinut sitoutua kasvualustaan tai kasvit ovat voineet hyödyntää sen ravinteena kesän aikana. Koesoluista mitattu kemiallinen hapenkulutus oli pienintä hiekkasuodattimessa ja suurinta syvässä kompostisolussa. Orgaanista ainesta sisältävässä kasvialustassa on luontaisesti enemmän mikrobiologista toimintaa, mikä vaikuttanee saatuun tulokseen. Muiden koesolujen COD-pitoisuudet olivat keskenään samansuuruisia.

### **Kasvipeitteisen imeytysrakenteen kasvillisuudessa tapahtuneet muutokset**

KIM-kentän koesolujen kasvillisuus määritettiin syksyllä 2022. Kaikkia istutettuja kasvilajeja ei enää löytynyt, mutta vastaavasti osa kasvilajeista oli viihtynyt koesoluissa hyvin (taulukko 3). Kasvialusta vaikutti rakenteen syvyyttä enemmän siihen, miten kasvit menestyivät koesoluissa. Konnanyrtti, punaluppio ja lännenheisiangervo olivat levinneet uusille kasvupaikoille kaikissa koesoluissa, kun taas kääpiöpunapajua ja kanadanatsaleaa ei löydetty yhdestäkään koesoluista. Ainoa havukasvi, mustakuusi, oli kasvanut hitaasti, parhaiten matalassa kompostiseoksessa.

Tyrni viihtyi hyvin kaikissa koesoluissa. Ainoastaan syvässä kompostiseoksessa se ei ollut pystynyt kilpailemaan muiden kasvilajien kanssa kovin tehokkaasti. Siperiankurjenmiekka viihtyi parhaiten KIM-soluissa. Kompostisolussa siperiankurjenmiekka oli jäänyt muiden kasvilajien alle. Pohjanrantakukkaa löytyi koesoluista vain vähän, samoin kuin lehtoängelmää. Ojaketukka viihtyi parhaiten koesolujen reuna-alueilla, mutta ei ollut levittäytynyt kovin laajalle alkuperäisiltä istutuspaikoilta.

**Taulukko 3** KIM-kentän kasvillisuuskartoitus syksyllä 2022. - = kasvia ei ole koesolussa, + = kasvi on elossa koesolussa, ++ = kasvi on levittäytynyt koesolussa, \* = kuollut runko jäljellä

kasvi	Syvä komposti	Matala komposti	Syvä KIM	Matala KIM
<i>Alnus glutinosa</i> - tervaleppä	++	- *	++	++
<i>Betula pubescens</i> - hieskoivu	++	++	-	+
<i>Chelone obliqua</i> - konnanyrtti	++	++	+	+
<i>Geum rivale</i> – ojakellukka	++	++	+	+
<i>Hippophaë rhamnoides</i> - tyrni	+	++	++	++
<i>Iris sibirica</i> - siperiankurjenmiekkä	+	++	++	++
<i>Lathyrus salicaria</i> - pohjanrantakukka	+	-	+	+
<i>Physocarpus opulifolius</i> - lännenheisiangervo	++	++	++	++
<i>Picea mariana</i> - mustakuusi	- *	++	+	+
<i>Rhododendron canadense</i> - kanadanatsalea	-	-	-	-
<i>Salix purpurea</i> 'Gracilis' - kääpiöpunapaju	-	-	-	-
<i>Sanguisorba officinalis</i> - punaluppio	++	++	++	++
<i>Thalictrum aquilegifolium</i> - lehtoängelmä	+	++	+	+

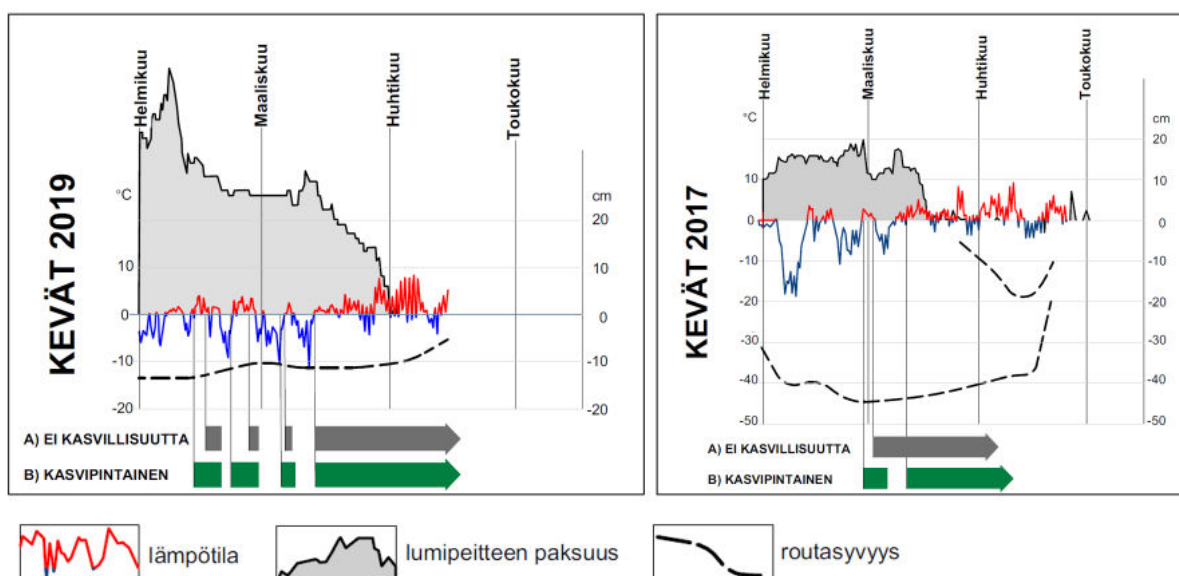
### Roudan ja talven vaikutukset kasvipeitteisten imeytysrakenteiden toimintaan

Maaperän jäätyminen vaikuttaa kasvipeitteisten imeytysrakenteiden toimintaan. KIM-kentän mittaustulosten avulla selvitettiin, jäätyvätkö eri kasvualustaseokset talven aikana ja onko rakenteen syvyydellä vaikutusta jäätymiseen. Tarkastelujakson 2016–22 aikana olosuhteet vaihtelivat vähälumisesta runsaslumiseen. Joinain vuosina paksu lumipeite satoi sulaan maahan, jolloin routaa muodostui maaperän pintakerrokseen vain vähän. Toisaalta useampana talvena roudan syvyys oli 40 cm, jolloin kasvualustakerros on ollut jäätyneenä. Talven 2019–20 aikana pysyvää lumipeitettä ei satanut ollenkaan, mutta koska vuorokauden keskilämpötila vaihteli nollan molemmin puolin, ei routaakaan muodostunut kuin maan pintaosiin.

Talvitoiminnan määrittämisessä käytettiin Ilmatieteenlaitoksen Lepaan mittausaseman vuorokautisen ilman keskilämpötilan, lumensyvyyden sekä sademäärän mittaustuloksia. Säätielotodasta määritettiin ne päivät, jolloin kahden vuorokauden ajalla ilman keskilämpötila on ollut alle 0 °C. Koesoluissa tapahtuneen läpivirtauman viive laskettiin vuorokausissa 2 vrk:n pakkasjakson jälkeen.

Koesolujen talven aikaisissa läpivirtaumatapahtumissa havaittiin, että kasvipeitteisten imeytysrakenteiden toiminta jatkui osittain läpi talven (kuva 20). Syvissä imeytysrakenteissa

havaittiin läpivirtaamaa lähes yhtä usein kuin verranteena olleesta hiekkasuodattimessa eikä kasvualustan koostumuksella ollut merkitystä rakenteen talven aikaisen toimivuuden kannalta. Matalissa imeytysrakenteissa hulevesien imeyttämiseen tarkoitettu hiekkaisen KIM-seoksen havaittiin toimivan useammin talven läpi kuin runsaammin orgaanista ainesta sisältävän kompostiseoksen. Lumipeite suojasi imeytysrakenteita talven aikaiselta jäätymiseltä, jos lunta oli yli 10 cm. Vuorokauden keskilämpötilan noustessa plussalle, imeytysrakenteissa havaittiin läpivirtauman runsastuneen lumipeitteestä ja mahdollisesta roudasta huolimatta. Tulosten perusteella voidaan todeta, että talven aikaiset sääolosuhteet vaikuttavat imeytysrakenteiden toimintaan, mutta eivät tee niistä täysin toimimattomia.



**Kuva 20** Koesolujen hydraulinen toiminta kahden erityyppisen kevään aikana. Olosuhteita kuvaavan kuvion alla olevat nuolet esittävät ajankohtia, jolloin koesolun mittakaivoon on suotautunut vettä.

## 4.2 Hulevesien käsittely Karanojan jätteenkäsittelyalueella

### Jätteenkäsittelyalueen tasausallas

Kiertokapula Oy:n Hämeenlinnassa sijaitsevan Karanojan jätteenkäsittelyalueella on hule-, prosessi- ja suotovesiä keräävä tasausallas (Kiertokapula 2021). Tasausaltaan vesimäärissä ja

vedenlaadussa on suurta vaihtelua ja se kuvastaa kaupunkisuunnittelun mittakaavassa huleveden heikkolaatuisinta ääripäätä. Tämä vesi valittiinkin HULVATTU-hankkeen tutkimuskohteeksi yhtenä ääriesimerkkitapauksena. Tasausaltaaseen on ohjattu alueella syntyviä suoto-, prosessi- ja hulevesiä viemäriverkostoja pitkin altaan perustamisesta 2002 alkaen kesäkuuhun 2022 asti. Merkittävä osa altaaseen kulkeutuvista vesistä on koostunut jätetäyttöalueiden suotovesistä. Jätteidenkäsittelyalueelle valmistui toinen tasausallas kesällä 2022, josta lähtien vanhaan tasausaltaaseen on siitä lähtien ohjattu ainoastaan jätetäyttöalueiden suotovesiä. Vaihdos tapahtui kesken tämän hankkeen tutkimusjakson.

Tasausaltaan syvyys on n. 2 m ja käyttötilavuus 1 850 m<sup>3</sup> (Kuva 21). Tasausallas on tyhjennetty lietteistä edellisen kerran 2012. Tasausaltaasta vedet johdetaan Hämeenlinnan Seudun Veden (HS-Vesi) verkostoa pitkin Hämeenlinnan Paroisten jätevedenpuhdistamolle käsiteltäväksi. Vuonna 2021 puhdistamolle toimitettiin tasausaltaasta 79 692 m<sup>3</sup> jätevettä (Taulukko 4). Altaasta johdetaan vettä puhdistamolle vuorokaudessa keskimäärin n. 160 m<sup>3</sup>.

Alueella tapahtuvaa toimintaa ohjaavat Kiertokapula Oy:n Karanojan 15.12.2017 päivätty ympäristölupapäätös Nro 246/2017/1 (Dnro ESAVI/10840/2014) sekä 18.12.2020 päivätty ympäristölupapäätös Nro 473/2020 (Dnro ESAVI/11420/2019), mihin lukeutuu myös suotovesien määrän ja laadun seuranta (taulukko 4) (Kiertokapula 2021). HULVATTU-hankkeen koetoiminta vaati viranomaisen luvan ja se toteutettiin koetoimintailmoituksen ja toiminnan muuttamisilmoituksen perusteella saatujen päätösten mukaisesti (päätökset nro 239/2021, dnro ESAVI/18457/2021 ja nro 324/2021, dnro ESAVI/31154/2021).

**Taulukko 4** Karanojan jätteidenkäsittelyalueen ympäristötarkkailun tuloksia vuosilta 2019–2021.

Karanojan jätteidenkäsittelyalue	2019	2020	2021
Kerätyn kaatopaikkakaasun määrä (milj. Nm <sup>3</sup> )	0,4	2,2	2,3
Kaatopaikkakaasun metaanipitoisuus (%)	54	49	43
Jätevesi puhdistamolle (m <sup>3</sup> )	57 235	76 596	79 692
Kiintoainees (mg/l)	40	35	25
Sähkönjohtavuus (mS/m)	383	520	610
pH	7,5	7,6	7,6
Biologinen hapenkulutus (BOD7) (mg/l)	13	40	41
Kokonaistyyppi (mg/l)	127	200	230
Ammoniumtyppi (mg/l)	120	118	126
Kokonaisfosfori (mg/l)	0,6	1,3	0,6
Sulfaatti (mg/l)	220	343	548
Kloridi (mg/l)	323	470	698

### Suodatuskokeiden tavoite ja toteutus

Hankkeessa tehdyissä tutkimuksissa oli tarkoituksena selvittää, parantaako lietebiohiilisyys perinteisen hiekkasuodattimen puhdistustehoa ja sitä kautta tasausaltaan vedenlaatua. Lietehiilen käytöstä kyseisen veden suodatuksessa oli saatu lupaavia tuloksia aiemmissa laboratoriotason suodatuskokeissa (Elo ym. 2021). HULVATTU-hankkeen kokeissa käytetty lietebiohiili oli valmistettu HSY:n Ämmäsuon koetoimintalaitoksessa. Lietehiiltä valmistetaan pyrolysoimalla eli märkäpolttamalla kuivattua mädätettyä jätevesilietettä ja puumateriaalia korkeassa lämpötilassa hapettomissa olosuhteissa (HSY 2022). Kenttätutkimus koostui kahdesta eri kokeesta, joista ensimmäinen toteutettiin syksyllä 2021 ja toinen kesällä 2022. Molemmat kenttäkokeet olivat kestoltaan noin 2 kk. Lisäksi tasausaltaan vedellä toteutettiin 14 vrk:n laboratoriomittakaavan suodatuskoe syksyllä 2023. Tässä on esitetty tiivistelmä kokeiden toteutuksesta ja johtopäätökset, perustuen liitteen 4 osaraporttiin ”Biohiilen testaus jätteidenkäsittelyalueen hule- ja suotovesien laadunhallinnassa” ja siinä esitettyihin tarkempiin tuloksiin.

Suodattimina toimivat suodatinmateriaaleilla täytetyt muoviset IBC-kontit, joiden kerroksellinen pohjarakenne koostui kahden eri raekoon sepelistä. Varsinaisessa suodatinmateriaalikerroksessa oli kontrollisuodattimessa hiekkaa ja muissa suodattimissa hiekan joukossa haluttu

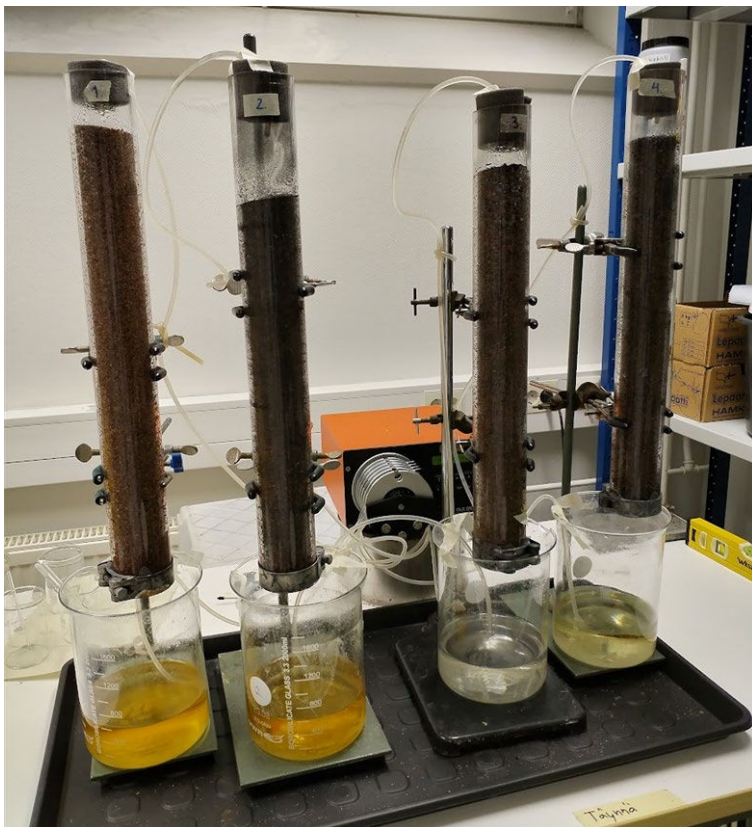
määrä testattavaa biohiiltä tai lietebiohiiltä. Syksyllä toteutetussa kokeessa 1 kontrollihiekka-suodattimen lisäksi oli käytössä seuraavat suodattimet: LBH70 (lietebiohiili:hiekka 7:3) ja LBH30 (lietebiohiili:hiekka 3:7). Kesällä 2022 suoritetussa kokeessa 2 oli kontrollihiekkasuodatin sekä suodattimet VLBH30 (lietebiohiili:hiekka 3:7, kokeessa 1 mukana ollut suodatin), LBH30 (lietebiohiili:hiekka 3:7) ja BH30 (biohiili:hiekka 3:7). Tasausaltaan vesi ohjattiin suodattimiin esiselkeytyskontin kautta kiintoainekuorman vähentämiseksi. Kontteihin asennettiin virtauksen pysäytysautomaatiikka estämään mahdolliset ylivuodot, joka katkaisi vedentulon pinnan kohotessa lähelle kontin yläreunaa.



**Kuva 21** Tutkimuskohteena ollut Karanojan jätteidenkäsittelyalueen tasausallas. Taustalla vuoden 2021 suodatinkoeasetelma. Kuva: Anu Koponen 2021

Kenttämittakaavan tulosten perusteella päädyttiin testaamaan suodatinmateriaalien käyttäytymistä myös laboratoriotasolla, toteuttamalla suotovedellä 14 vrk mittainen suodatuskoe. Laboratoriossa toteutetuissa suodatuskokeissa testattiin kenttäkokeissa käytettyä HSY:n lietebiohiiltä, HS-Veden lietemädätteestä HAMKissa valmistettua lietehiiltä sekä Carbofex Oy:n kaupallista puupohjaista biohiiltä. Kontrollina käytettiin suodatushiekkaa (n. 1–3 mm). Biohiiltä sisältävissä suodattimissa materiaalien tilavuussuhde oli 3:7 (biohiili:hiekka). Koeasetelma on esitetty kuvassa 22. Syöttövesi panostettiin kerran, jonka jälkeen se kiersi suljetussa systeemissä useita kertoja kokeen aikana.

Sekä kenttämittakaavan että laboratoriotason suodatinkokeissa ennen ja jälkeen näytteistä analysoitiin pH, sähkönjohtokyky, ammoniumtyyppi ( $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ), kokonaisfosfori (P-tot) tai fosfaattifosfori ( $\text{PO}_4^-\text{P}$ ) sekä kemiallinen hapenkulutus (COD). Kenttäkokeiden aikana mitattiin jatkuvatoimisesti muutamaa keskeistä vedenlaatutekijää sekä vesinäytteistä määritettiin pistokoemaisesti relevantti valikoima metalleja.



**Kuva 22** Laboratoriossa toteutettujen suodatuskokeiden koeasetelma. Kuva: Josefiina Ruponen 2022



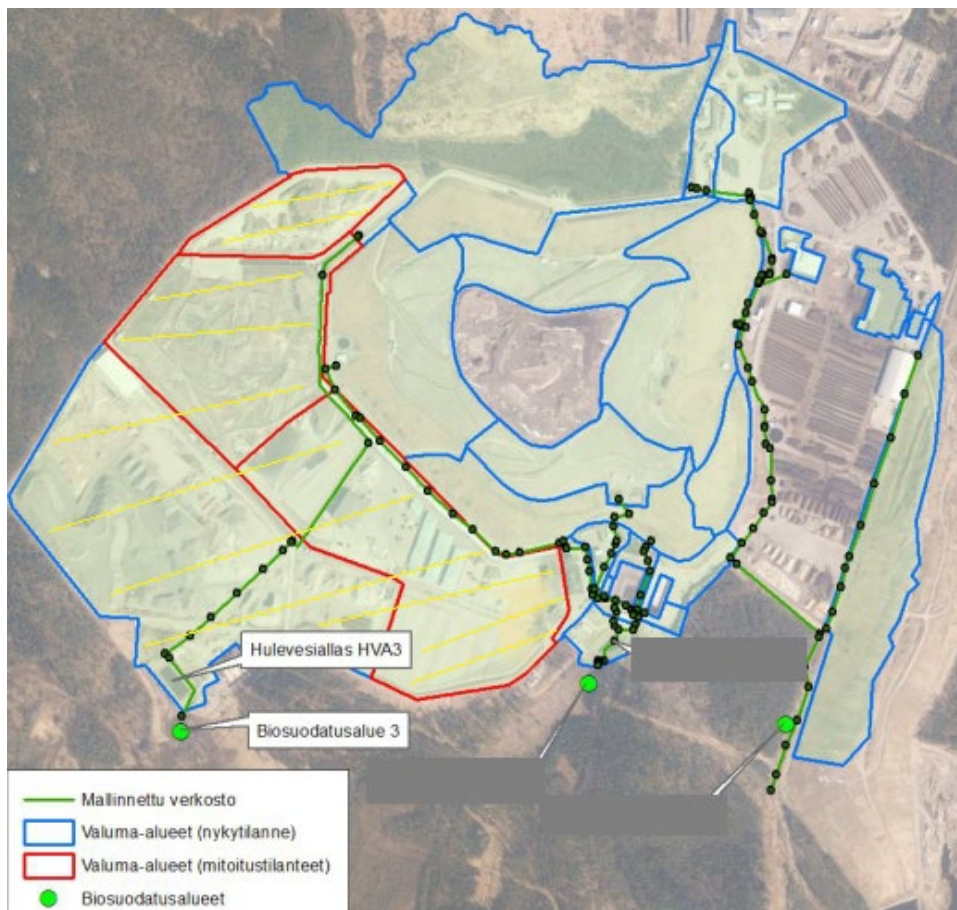
## Johtopäätökset suodatuskokeista

Tässä hankkeessa toteutettujen suodatuskokeiden tulosten perusteella voidaan sanoa, että lietebiohiilen käytöllä hiekkasuodattimien tehostajana on potentiaalia jätteidenkäsittelyalueen suotovesien käsittelyssä. Kenttämittakaavan kokeissa lietebiohiiltä sisältävät suodattimet onnistuivat poistamaan keskimäärin 6–18 % suodattimiin tulevasta liukoisesta fosforikuormasta, mikä on kohtalaisen hyvä tulos ottaen huomioon syöttöveden korkeat fosforipitoisuudet (keskimäärin 0,9 mg/l). Sen sijaan, erityisesti laboratoriotason kokeissa lietebiohiili-hiekkasuodattimista näytti ajoittain vapautuvan fosforia. Vaikka suotovesialtaalla tehdyissä kokeissa typen pidättyminen jäi keskimäärin vähäiseksi, laboratoriomittakaavassa onnistuttiin poistamaan typpi suotovedestä lähes täydellisesti. Tämä viittaa siihen, että vastaava saattaisi olla mahdollista myös kenttäolosuhteissa. Suodatinten toimivuuteen vaikuttavat prosessit ovat kuitenkin monimutkaisia ja ei-toivottujen yhdisteiden poistotehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä on useita. Lisäksi eri tekijöiden keskinäisiä syy-seuraussuhteita ei välttämättä täysin tunneta ja kaikkia tekijöitä voi olla käytännössä epärealistista mitata. Tarvitaan kuitenkin lisää tutkimusta, jotta saataisiin selkeämpi käsitys siitä, miksi typen, fosforin ja orgaanisen aineksen poistaminen käsiteltävästä vedestä välillä onnistuu ja välillä ei.

## 4.3 Hulevesien hallinta Ämmässuon biosuodatusalueella

Helsingin seudun ympäristöpalvelut kuntayhtymä (HSY) toteutti Espoon Ämmässuon ekoteollisuuskeskuksen alueella, biosuodatuksen perustuvan hulevesien käsittelyjärjestelmän rakentamisen keväällä 2021. Biosuodatusalue on pinta-alaltaan noin 1000 m<sup>2</sup>. Suodatusjärjestelmä on HSY:ltä omaehtoinen lisätoimenpide Ämmässuon päästöjenhallinnan tehostamiseksi, jonka tavoitteena on hulevesien laadun parantaminen ennen niiden johtamista maastoon. Biosuodatusalueelle johdetaan puhtaita hulevesiä, jotka koostuvat kaatopaikkojen pintarakenteen päältä valuvista vesistä, liikenne- ja piha-alueiden vesistä sekä kaatopaikan laajennusalueelta tulevista vesistä. Kentälle johdettavan huleveden laatu vastaa tavanomaisia kaupunkihulevesiä. Hulevedet johdetaan kosteikkoaltaaseen työalueen pohjoispuolella olevasta hulevesien tasausaltaasta (HVA 3), josta vedet ohjataan kosteikkoaltaan (pinta-ala noin

80 m<sup>2</sup>) sen pohjoispäähän. Kosteikkoaltaasta hulevedet ohjataan edelleen biosuodatukseen neljän Ø 160 muovirummun avulla. Valuma-alue on kooltaan 29 ha ja se on esitetty kuvassa 23 keltaisella viivoituksella. Suodatusjärjestelmä toimii samalla tutkimusalustana, mahdollistaen käytännön tutkimuksen biohiilten kyvystä tehostaa hulevesien suodatusta.



**Kuva 23** Ämmässuon alue. Vasemmassa alanurkassa vihreällä merkitty hankkeen biosuodatusalue 3, keltaisilla viivoilla esitetty valuma-alue. Lähde: Ramboll.

Biosuodatusalueen keskeisenä tavoitteena on ollut pilotoida kolmea eri kasvialustaseosta ja vertailla niiden vaikutuksia huleveden laatuun. Erityisesti haluttiin selvittää, kuinka HSY:n pyrolyysikoelaitoksessa puhdistamolietteestä tuotettu lietebiohiili soveltuisi hulevesien käsittelyyn. Biosuodatuskäsittelyssä kasvillisuudella on suuri merkitys ja siksi alueelle on valittu sellainen kasvillisuus ja kasvialusta, jotka parantavat veden laatua. Biosuodatuskenttä (kuva 24)

on jaettu kevyillä seinämillä kolmeen osaan, joista vedet ohjataan eri kaivoihin. Kuhunkin osaan istutettiin samanlainen kasvillisuus, koripaju (*Salix viminalis*) sekä niittykasvillisuuden (niittysiemenseos, 50 g/aari) ja suojaheinäseoksen (100 g/aari) sekoitus. Kylvö tehtiin kesäkuussa 2021. Alueella 1 on tuotteistettu kasvualusta, joka toimi ikään kuin verrokkina. Alueelle 2 lisättiin kaupallista puupohjaista biohiiltä 10 % (Carbofex Oy:n kuusihiili). Alueen 3 kasvualustaan lisättiin (10 %) HSY:n puhdistamolietteen pyrolyysin koetoimintalaitoksen tuottamaa lietehiiltä. Suodatusrakenne valmistui kesällä, mutta siinä tehtiin pieniä korjauksia, joilla varmistettiin, että vesi virtaa tasaisesti kaikkiin kolmeen lohkoon. Korjaustyöt saatiin valmiiksi lokakuussa ja seuranta, joka käynnistyi loppuvuodesta 2021, on tehty konsultin toimesta. Seuranta sisältää vesinäytteenottoa ja kasvualustan analyysit sekä kasvillisuuskartoitukset.



**Kuva 24** Suodatusjärjestelmän rakentaminen 2021 kesällä. Biosuodatusalue on jaettu väliseinillä kolmeen osaan, joiden vedet ohjataan eri kaivoihin. Kuva: Ramboll 2021

### Kasvillisuuskartoitukset

Kasvillisuuskartoituksia on toteutettu tähän mennessä kolme. Ensimmäinen kasvillisuuskartoitus tapahtui vasta marraskuussa 2021 (kuva 25), mikä oli kasvillisuuden kannalta myöhäisen ajankohta. Tällöin altaan pohjalla oli melko hyvä kasvipeite, alueet (3/2/1) 70 %-100 %-

100 %. Kaikilla alueilla pajut olivat kasvaneet heikosti, korkeus oli 1,5 m ja vain muutama versovarsi. Maassa näkyvien jälkien perusteella valkohäntäkauriit ja hirvet ovat käyneet syömässä pajut. Vesipeitto alueella oli 50 % - 20 % - 10 %. Luiskissa oli heikko kasvipeite, vain noin 20 % pinta-alasta. Eroosiosuojamatto oli revennyt pohjoisluisista. Alueella ei kumminkaan havaittu haitallisia vieraskasvilajeja. Kylvö tehtiin kesäkuun puolessavälissä, joten siemenillä on ollut hyvin aikaa itää ja kasvipeitteen tulisi olla jo parempi. Vieraslajeja ei havaittu.



**Kuva 25** Marraskuussa 2021 tehty kasvillisuuskartoitus. Kaikilla kolmella alueella oli pohjalla melko hyvä kasvipeite. Pajut olivat kasvaneet alueilla heikosti. Kuva: Ramboll 2021

Toisessa kasvillisuuskartoituksessa (kuva 26) kesäkuussa 2022 altaan pohjalla havaittiin laajalti levää ja vaikutti siltä, että alueella 3 kasvualusta oli tiivistynyt eikä vesi päässyt suodattumaan lävitse. Koska alue 3 sijaitsee lähimpänä tulorumpuja, eniten vettä ohjautuu pääosin tälle alueelle. Kasvipeite oli vaihteleva eri alueilla (3/2/1): (20 %-100 %-10 %) ja pajut olivat edelleen kasvaneet heikosti. Vesipeitto oli myös vaihteleva (3/2/1): (33 % - ei näkyvissä - 40 %). Luiskissa oli edelleen huonohko kasvipeite, ei tasaista peittävyttä, vaan yksittäisiä kasveja. Eroosiosuojamatto oli revennyt pohjoisluisista hieman lisää. Positiivista oli, että alueelle on levinnyt

siemenestä leviäviä kasveja, ja alueelle on siten saatu lisää lajeja. Haitallisia vieraskasvilajeja ei havaittu.



**Kuva 26** Kesäkuussa 2022 tehty kasvillisuuskartoitus. Veden huomattiin ohjautuvan kuvassa vasemmalla olevaan alueeseen. Kasvipeite oli vaihtelevaa ja pajut kasvoivat edelleen heikosti. Kuva: Ramboll 2022

Viimeinen kasvillisuuskartoitus tehtiin syyskuussa 2022 ja kasvusto oli selkeästi kehittynyt kesäkuusta. Alueella 3 oli heikoin kasvipeite noin 70 % verrattuna alueisiin 1 ja 2 joissa kasvipeite oli noin 95 %. Vesipeittoa ei ollut. Pajut olivat edelleen erittäin huonossa kunnossa, mutta muita kasvilajeja oli aikaisempaa enemmän. Lisäksi myös muualta kulkeutuneita ruohovartisia lajeja oli enemmän. Alueella havaittiin pari komealupiinia, joka on haitallinen vieraslaji.

### **Kasvualustan analyysit**

Maanäytteet otettiin syyskuussa 2022. Kaikista alueista sekä luiskasta otettiin 8 kpl osanäytteitä, jotka sekoitettiin ämpärissä (lapiokaivuu 0–20 cm syvyydestä). Maaperänäytteiden tuloksia on verrattu Viherympäristöliitto ry:n suositusten mukaisiin kasvualustan ravinteisuustyyppeihin. Näytteet analysoi Eurofins Viljavuuspalvelu Oy.

Tässä selvityksessä vertailtiin pääsääntöisesti vain kahden kasvualustatyypin Tyyppi 1 ja Tyyppi 3 ohjearvoja, sillä Tyyppi 2 ohjearvot sijoittuvat edellä mainittujen tyyppien välille. Maaperänäytteet täyttävät kasvualustatyypin 1 ja 3 raja-arvot johtoluvun, kalsiumin, kaliumin, magnesiumin, rikin, boorin, kuparin, sinkin ja hehikutushäviön osalta. Alueen 1 ja 3 pH ylittää raja-arvon, mutta ei suuresti. Yli 7 oleva pH arvo heikentää mangaanin, kuparin, boorin ja sinkin saatavuutta maaperästä. Mangaanin raja-arvot alittuvat kaikilla alueella. Fosforin raja-arvot alittuvat alueella 2. Tilavuuspaino ylittyy kaikilla alueilla, mutta tällä ei ole suurta merkitystä, sillä juurten kasvu alkaa heikentyä vasta kun tilavuuspaino ylittää 1,6 kg/l.

Alueen 1 näyte oli hyvin kuivaa, vaalean ruskeaa, hiekkaista. Alueen 2 näyte oli tummempaa kuin alueen 1, kosteampaa ja sisälsi pieniä hiilen palasia. Alueen 3 näyte oli tummintaa, kosteinta ja helpoiten kaivettavaa. Tuloksia on verrattu Viherympäristöliitto ry:n suositukseen kasvualustan rakeisuudesta 2018. Alueen 3 rakeisuus poikkeaa osittain suosituksesta. Karkeaa hiekkaa ja soraa on enemmän ja hienoa hiekkaa on vähemmän, kuin suosituksissa, toisaalta hienoainesta ja humusta on taas suhteessa paljon. Tällöin vähäinen hieno hiekka ja suuri määrä karkeaa hiekkaa ja soraa aiheuttaa sen, että kasvualustan hienoaines pääsee tiivistymään ja siinä on vähemmän huokosia. Vastaavasti alueilla 1 ja 2 rakeisuus ei juuri poikennut suosituksesta. Koealueet (altaan pohja) määritellään rakeisuuden mukaan hietamoreeniksi ja eloperäisen aineksen määrä on 3–6 % (multava). Maaperänäytteiden ravinteisuusanalyysin tulokset eivät ole hälyttäviä ja niiden perusteella kasvualustat soveltuvat kasvualustakäyttöön eikä ravinteita tarvitse lisätä. Tiivis maa-aines aiheuttaa sen, että kasvit eivät viihdy kovin hyvin. Tämä voi johtua siitä, että kasvualustassa voi olla liian vähän hiekkaa.

## Vesinäytteet

Vesinäytteitä otettiin kertanäytteinä sekä tulo- ja purkuputken päästä. Talviaikaan rakenne oli jäässä. Vesinäytteenoton ajoittaminen sadetapahtuman yhteyteen oli yllättävän haastavaa, vaikka säätiedotusta pyrittiin seuraamaan. Lisäksi kevät ja syksy olivat 2022 hyvin kuivia ja sadepäiviä oli vähän. Näin ollen kohteessa käytiin kuusi kertaa, mutta kahtena kertana rakenne oli joko jäässä tai näytettä ei saatu otettua kuivuuden takia. Lohkokohtaista

vesinäytteenottoa salaojien kokoojakaivoista ei tehty, sillä kaivoissa oli vettä liian vähän tai virtaavaa vettä ei käytännössä ollut. Näytettä ei haluttu ottaa seisovasta vedestä, koska se olisi vääristänyt koetuloksia. Näytteet voitiin ottaa vain tulo- ja lähtöpäästä, eikä erillisistä lohkoista kuten alun perin suunniteltu.

Kokonaisuudessaan tutkittujen haitta-aineiden arvot ovat matalia tai kohtalaisia (taulukko 5). Suomessa hulevedelle ei ole määritelty raja-arvoja, joten vertailuna on käytetty Tukholman mallin raja-arvoja. Kiintoaineksen määrä näytteissä on ollut pääosin matala (< 50000 µg/l, vrt. Tukholman raja-arvot). Metallien arvot näytteissä ovat matalia ja sinkkiä on selkeästi sitoutunut biosuodattimeen. Typen määrä oli kohtalainen (1250–5000 µg/l, vrt. Tukholman raja-arvot) eikä merkittävää eroa tulo- ja lähtöpäässä havaittu. Fosforin pitoisuus oli matala ja kokonaispitoisuus oli matalampi lähtöpäässä. Veden pH on vaihdellut 7,7–8,6 välillä. Alueelle tulevan veden pH on ollut hieman koholla, mutta biosuodatus on selkeästi laskenut pH:ta.

**Taulukko 5** Vesinäytteiden tuloksia Ämmässuon biosuodatusalueelta. Tukholman raja-arvot ylittävät pitoisuudet on lihavoitu.

Haitta-aine	Vesinäyte-analyysien keskiarvo TULO (µg/l)	Vesinäyte-analyysien keskiarvo PURKU (µg/l)	Puhdistusreduktio %	Tukholman raja-arvo (µg/l)
Kiintoaines	9567	6633	31	40000
Kokonaistyyppi	<b>2400</b>	<b>2267</b>	6	2000
Kokonaisfosfori	36	28,7	20	160
Kupari	7,7	6,7	13	9
Sinkki	10,8	6,7	39	60
pH	8,1	7,8		
Sameus FNU	19,3	13,7		
Sähkönjohtavuus mS/m	27,7	27,3		
Lämpötila °C	7,4	7,3		

## Päätelmät ja tulevaisuus

Tuloksia tulkinnaissa on huomioitava, että rakenne ei vielä toimi suunnitellulla tavalla. Vesien ohjautuminen ei korjatuista toimenpiteistä huolimatta ollut näytteiden oton aikaan tasaista.

Rumpuja tullaan mahdollisesti korjaamaan, jotta veden jakautuminen alueelle olisi tasaisempaa. Tämän hankkeen kokeiden aikana alue 3 sai selkeästi enemmän vettä kuin muut. Levä, jota oli erityisesti lietehiililohkolla (alue 3), kertoo maaperän hapettomuudesta. Kasvualusta on ilmeisesti tiivistynyt oletettua enemmän, koska se on voinut olla liian hienojakoista ja huokokset ovat myös pieniä. Märissä olosuhteissa kasvualustan huokokset täyttyvät vedellä eikä hapelle jää tilaa. Tämä selittäisi kasvien heikon kasvun.

Kasvipeite on menestynyt parhaiten puubiohiiltä sisältäneessä lohkoissa. Tämä selittynee puubiohiilen huokoisuuden suotuisista vaikutuksista kasvualustaan, mutta myös vesien ohjautuminen kyseiselle lohkolle on todennäköisesti ollut muita vähäisempää eikä vesi ole jäänyt alueelle seisomaan. Altaan pohja oli jo suunnitelmissa loiva, koska veden haluttiin virtaavan hitaasti ja imeytyvän koko alueelle. Rummut oli rakennettu liian alas ja tilannetta yritettiin korjata kaivamalla uomia rummun päihin, mutta silti vesi ei pääse virtaamaan hyvin, koska pohjalla on kumpuja.

Vastarakennetuilla biosuodatusalueilla on usein havaittu, että kasvialustasta saattaa alkuun huuhtoutua ravinteita. Näin ei kuitenkaan vaikuta käyneen tämän biosuodatusalueen kohdalla. Alueen ympärille tullaan rakentamaan peura-aita keväällä 2023. Biosuodatusalueen seuranta jatketaan ainakin syksyyn 2023 asti.

## Lähteet

Elo, A., Nummela, J. & Kymäläinen, M. 2021. Biohiili kiertotalousratkaisuna Kanta-Hämeessä. Hämeen ammattikorkeakoulu. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-951-784-835-0>

Kiertokapula. 2021. Karanojan jätteidenkäsittelyalue, Hämeenlinna. <https://vuosikatsaus.kiertokapula.fi/2021-2/ymparistokatsaus/karanojan-jatteidenkasittelyalue-hameenlinna/>

Li, H. ja Davis, A. 2008. Urban particle capture in bioretention media. I. Laboratory and field studies. Journal of environmental engineering.

Ympäristölupapäätös Nro 246/2017/1 Dnro ESAVI/10840/2014. <https://ylupa.avi.fi/api/v1/documents/attachment/8932883>

Ympäristölupapäätös Nro 473/2020 Dnro ESAVI/11420/2019. <https://ylupa.avi.fi/api/v1/documents/attachment/8932883>



## 5. Kertarakenteet

**Kirjoittajat: Salla Leppäkoski, Anu Koponen, Virpi Hannuksela, Josefiina Ruponen, Harri Mattila, Marika Tossavainen**

Tässä luvussa keskitytään työmaakäyttöön soveltuvien ja siirreltävien suodattimien suodatinmateriaalien vertailukokeen tuloksiin, pohditaan työmaavesien hallintaa sekä lasketaan hyvän työmaavesien hallinnan vaikutusta kiintoaineksen vähenemäpotentiaaliin.

Työpaketin päätulokset ovat:

- Typensidonta oli kertosuodatuskokeissa tehokasta lietebiohiilellä ja biohiilellä. Fosforin sitoutuminen sen sijaan oli heikkoa, sillä sitä jopa liukeni suodatinmateriaaleista läpi suotautuneeseen veteen.
- Hiekka, järviruokokorsi ja järviruokosilppu sitoivat tehokkaasti fosforia, mutta heikosti typpeä.
- Typen ja fosforin sidonta voitaisiin maksimoida käyttämällä suodattimessa useampaa materiaalia. Esimerkiksi lietebiohiilen ja ruokomateriaalin seos tai näiden materiaalien käyttö kerroksittain tehostaisi ravinteiden sidontaa ja oletettavasti mahdollistaisi myös veden hallitun suotautumisajan.
- Hiekka, lietebiohiili sekä biohiili vähentävät kiintoaineksen kulkeutumista rakentamisen aikana tontin ulkopuolelle. Minkä tahansa kokeessa käytetyn suodatinmateriaalien käyttäminen on kuitenkin parempi kuin ei ollenkaan suodatusta.

Suurin osa hulevesien hallinnan tarpeista liittyy kiinteisiin ja jatkuvatoimisiin järjestelmiin. Yhteiskunnassa toteutetaan myös runsaasti toimintoja, jotka kaipaisivat entistä tarkempaa huomiota satunnaisiin ja tilapäisiin kohteisiin. Näistä poistuvien hulevesien laatu saattaa vaarantaa ympäristön ja etenkin alapuolisen vesistön kunnon.

Selkein esimerkki tällaisesta tilapäistä hulevesien tehostettua hallintaa vaativasta kohteesta on rakennustyömaa. Ainakin uudisrakennuskohteet, olivat ne sitten maarakentamista tai

muunlaista infrastruktuurikohteita, edellyttävät poikkeuksetta maaperän muokkaamista. Kun maan pintakerrokset rikotaan, riski hulevesien kiintoaineskuormitukseen, mutta myös ravinnekuormitukseen, kasvaa. Kertasuodatusrakenteiden tarpeeseen on herätty vasta viime vuosina ja vuosikymmenenä. Kertasuodatusrakenteita koskevan tutkimuksen ja tuotekehityksen parissa on kuitenkin vielä runsaasti töitä tehtävänä.

Työmaavesien hallinnan ohjaukseen ei tällä hetkellä ole nimenomaan sitä koskevaa lainsäädäntöä. Kaikissa toiminnoissa on noudatettava maankäyttö- ja rakennuslain sekä ympäristönsuojelulain periaatteita. Maankäyttö- ja rakennuslaki pyrkii parantamaan rakennustoiminnan laatua ja ympäristönsuojelulaki taas ehkäisemään ympäristön pilaantumista.

Erikseen voidaan mainita ympäristönsuojelulain periaatteet, jotka ovat ympäristön pilaantumisen ennaltaehkäisy, haittojen minimointi, toimenpiteiden vaikutusten selvilläolovelvollisuus ja vaatimukset käyttää aina parasta käytettävissä olevaa teknologiaa sekä ympäristön kannalta parhaita käytänteitä. Edellisten perusteella kunnat ovat omissa määräyksissään antaneet ohjeita rakentamisen aikaisten ympäristöhaittojen, mukaan lukien hulevesien hallinta, minimoiseksi. Viimeaikaisten tutkimusten mukaan hulevesien hallintaan kaivataan juuri tähän tarkoitukseen räätälöityjä yhtenäisiä ohjeita, jotta erilaisilta sekaantumisilta välttyttäisiin ja jotta esimerkiksi urakkatarjousten tekeminen olisi selkeämpää.

## 5.1 Kertasuodatuskokeissa käytetyt materiaalit

### Keinotekoinen hulevesi

Keinotekoisien huleveden suunnittelussa käytettiin pohjatietoina aiemmin Suomessa tehtyjä hulevesitutkimuksia. Lisäksi kartoitettiin erilaisia keinotekoisien huleveden koostumuksia. Eri tutkimusten vertailua vaikeutti se, että käytettyjen ravinnepitoisuuksien ilmoitustapa vaihteli. Kaikista kerätyistä tiedoista ei ollut saatavilla esim. raskasmetallipitoisuuksia tai niitä ei ollut kyseisessä tutkimuksessa tutkittu lainkaan. Ravinnepitoisuuksissa päätettiin mukailta Valta-  
nen ym. (2017) lysimetrikokeiden mukaisia pitoisuuksia. Lysimetrikokeiden

ravinnepitoisuudet perustuivat Helsingin Yliopiston tekemiin mittauksiin Lahden keskustan alueella vuosina 2008–2010 (taulukko 6).

Huleveden sisältämän kiintoaineksen määrä on havaittu vaihtelevan paljon eri mittauspisteissä. Lisäksi vaihtelua tapahtuu myös samasta pisteestä mitattuna lyhyelläkin aikavälillä. Tutkimustulosten mukaan valumaveden kiintoaineksen määrä rakentuvalla kaupunkialueella on ollut lähes 4400 mg/l, kun taas pientaloalueella maksimikuormitus on n. 2600 mg/l ja kerrostaloalueella vain 700 mg/l (Vakkilainen ym. 2005). Vastaavasti Sillanpään (2013) seurannassa rakentuvan kaupunkialueen kiintoainekuorma voi olla jopa 8300 mg/l. Koska HULVATTU-hankkeessa kiintoaineksen määrän haluttiin noudattavan rakentamisen aikaista maksimikuormaa, kiintoaineena käytettävää savea päädyttiin lisäämään keinotekoiseen huleveteen 8000 mg/l (taulukko 6).

**Taulukko 6** Kertasuodatuskokeissa käytetyn keinotekoisien huleveden resepti.

	pitoisuus, mg/l	käytetty yhdiste
PO <sub>4</sub>	0,3	K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>
PO <sub>4</sub> -P	0,1	
NO <sub>3</sub>	3	NaNO <sub>3</sub>
NO <sub>3</sub> -N	0,7	
Zn	0,1	ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O
Cu	0,1	CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O
TSS (kiintoaines)	8000	savi

### Materiaalivertailu siirrettäviin suodatusrakenteisiin

Kertasuodatusrakenteella tarkoitetaan hulevesien suodattamiseen tarkoitettuja suodatusrakenteita, joilla voidaan hallita työmaavesiä ja niistä syntyviä haittoja, kuten kiintoaineiden ja ravinteiden kulkeutumista vesistöihin. Työmaa-aikaiset suojausrakenteet eivät ole Suomessa vielä kovin yleinen käytäntö, mutta esimerkiksi Yhdysvalloissa erilaiset suojausrakenteet ovat pakollinen osa rakennusprosessia. Suodatusrakenteet ovat usein joko nauhamaisia tai pistemäisiä ja näiden yhdisteleminen suodattaa työmaavesiä tehokkaasti. Suodatinmateriaalit ovat vaihdelleet käyttökohteen ja -tarkoituksen mukaan. Taulukkoon 7 on koottu aiemmissa

tutkimuksissa käytettyjä suodatinmateriaalien palakokoja sekä suodatinrakenteen vaatima tilavuus.

**Taulukko 7** Aikaisemmissa tutkimuksissa käytettyjen suodatinmateriaalien materiaalikuvaukset, käytetty palakoko, suodatinrakenteen vaatima tilavuus sekä muita huomioita suodatinmateriaalista.

	MATERIAALIKUVAUS	PALAKOKO	SUODATINRAKENTEEN TILAVUUS	MUUTA
<b>PUUHAKE</b>	Sekapuuuhake [1, 2] tai koivuhake [2, 3]. Myös metsäntähdehake sekä sahanpuru [4].	10–50 mm välillä	Hakepaali tai hakesäkki, mitoitus tarpeen mukaan.	Biofilmi puhdistaa vettä [5].
<b>BIOHIILI</b>	Eloperäisestä aineesta pyrolyysillä valmistettu materiaali [10]. Hulevesien suodatuksessa biohiili sitoo pääasiassa ravinteita (N, P), haitta-aineita sekä mikrobeja [11].	< 100 mm	Tilannekohtaista Biohiili + puuhake Biohiili + suodatinhiekkä	Kiintoaines helposti tukkeuttaa biohiilen, jolloin se ei enää sido muita haitta-aineita -> porrastettu suodatus
<b>LIETEBIOHIILI</b>	Jätevesilietteestä ja puumateriaalista pyrolysoimalla valmistettu materiaali. Hulevesien suodatuksessa lietebiohiili sitoo raskasmetalleja sekä fosforiravinettä [6].	< 100 mm		Lietebiohiilille on tunnistettu useita käyttökohteita, mutta niiden toteutettavuus viranomaisten ja lainsäädännön näkökulmasta on vielä työn alla. [6]
<b>JÄRVIRUOKOKORSI</b>	Suodattaa hulevedestä tyypä, fosforia, kiintoainesta ja mahdollisesti mikromuovia [7]	1–3 metrin pituisia nippuja	Niput ladottuna vuorotellen latva/tyvipuoli, mitoitus kohteen mukaan.	Biofilmi merkittävässä roolissa veden epäpuhtauksien poistamisessa [8].
<b>JÄRVIRUOKOSILPPU</b>	Ruokopaalien on havaittu pidättävän melkein kolmanneksen kiintoaineksesta, viidenneksen fosforia ja 15 % kionaistyyppä [9]	silpun koko keskimäärin 20–50 mm	Paaleina, joissa ruokobiomassan tiheys on n. 100–130 kg/m <sup>3</sup> [12].	Biofilmi merkittävässä roolissa veden epäpuhtauksien poistamisessa [8].
<b>SUODATINHIEKKA</b>	Suodattaa hulevedestä mm. kiintoainesta, ravinteita, metalleja ja muita epäpuhtauksia. [13, 14]	0–8 mm, vaihtelee tarpeen ja käyttökohteen mukaan	Tilannekohtaista, usein maanalaisia rakenteita. Voidaan sijoittaa väliaikaisesti myös ojiin, rakennustyömaille [13]	Suodatuskyky perustuu mm. raekokoon, -muotoon, mineraalikoostumukseen, paino- ja kokojakaumaan. [13]

**Puuhake:** Suomessa tehdyissä suodatinkokeissa on pääasiassa käytetty sekapuuhaketta, mutta tutkimuksia on tehty myös koivuhakkeella. Havu- ja sekapuuhake sisältävät pihka-aineita, jotka hidastavat hakkeen maatumista, mikä selittää sekä- ja havupuuhakkeen suosiota. Yksittäisiä suodatinkokeita on tehty myös metsäntähdehakkeella sekä sahanpurulla, mutta sahanpurussa ongelmaksi voi muodostua suodattimen nopea tukkeutuminen ja siitä aiheutuva tulvariski ja ohivirtaukset. Tästä syystä useimmissa tutkimuksissa käytetyn puuhakkeen palakoko on ollut 10–50 mm. Yleisin luonnonvesissä käytetty suodatinmalli on hakepaa-leista tai -säkeistä tehty suodatin, jonka koko on mukautettu tutkimuskohteen ja tarpeen mukaan. Puuhakkeen suodatuskyky perustuu pääasiassa puumateriaalin pinnalle muodostuvaan päällyskasvustoon ja siinä olevaan mikrobitoimintaan (biofilmi), jonka on todettu puhdistavan vettä.

**Biohiili:** Biohiili on pyrolyysillä eloperäisestä aineesta, usein puuhakkeesta, valmistettu materiaali, jonka ominaisuudet ja käyttömahdollisuudet riippuvat valmistusprosessista. Pyrolysoitavan materiaalin palakoon olisi hyvä olla pienempi kuin 100 mm, jotta pyrolyysi ulottuu palan sisälle. Toisaalta hyvin hienojakoinen materiaali jauhaantuu helposti, jolloin suodatusrakenne saattaa tukkeutua. Tästä syystä biohiiltä on usein käytetty puuhakkeen tai suodatinhiekan kanssa osana porrastettua suodatusta, jolloin biohiilen osuus on ollut noin 30 %. Biohiiltä on käytetty vesien puhdistuksessa erilaisissa suodatusrakenteissa joko suoraan ojissa tai ojanpenkoilla, maaperässä, pintamaahan lisättynä, padoissa tai altaissa. Hulevesien suodatuksessa biohiilen on todettu pääasiassa sitovan ravinteita, kuten typpeä ja fosforia, sekä haitta-aineita ja mikrobeja.

**Lietebiohiili:** Lietebiohiili on yhdyskuntajätteestä ja puuhakkeesta pyrolysoimalla valmistettu biohiili. Lietehiiltä voidaan valmistaa ilman puumateriaalin lisäämistä, mutta silloin lietehiilen kuivaamista varten energiaa pitää tuoda prosessin ulkopuolelta. Noin 20 % puumateriaalin lisääminen pitää prosessin lämpötaseen hyvänä sekä parantaa lopputuotteen hiilipitoisuutta. Puuaines myös parantaa lietebiohiilen ominaisuuksia maanparannusaineena, jolloin osaa hiilestä ja suurin osa fosforista voidaan kierrättää. Hulevesien suodatuksessa lietebiohiilen on arvioitu pystyvän poistamaan hulevesistä raskasmetalleja sekä ravinteista erityisesti fosforia.

Lietebiohiilen valmistuksessa tarpeeksi korkea lämpötila tuhoaa patogeenit ja suurimman osan orgaanisista haitta-aineista sekä muoveista.

**Järviruoko:** Suomessa tehdyissä ruokosuodatinkokeissa on ruokosuodattimen havaittu suodattavan ravinteita, kiintoaineksesta ja mahdollisesti myös mikromuovia. Kuten puuhakkeessa, myös järviruoko on tehokas epäpuhtauksien poistamisessa perustuu sen pinnalle muodostuvaan biofilmiin. Järviruoko on verrattain uusi materiaali hulevesitutkimuksessa, eikä sen käytöstä ole vielä paljon tutkittua tietoa, tosin järviruoko on kerääminen pois vesistöistä vähentää jo itsessään vesistöjen ravinnekuormaa.

**Suodatinhiekkä:** Hiekan suodatuskyky perustuu hiekan luonnollisiin ominaisuuksiin, kuten muotoon, paino- ja kokojakaumaan sekä mineraalikoostumukseen. Suodatinmateriaalina hiekka soveltuu lähes kaikkiin kohteisiin, sillä se on luonnollinen, tehokas ja varsin edullinen materiaali. Suomessa suodatinhiekkää käytetään yleisesti vesien puhdistuksessa vesilaitoksilla ja jäteveden maasuodattamoissa. Suodatinhiekkalla tehdyt hulevedensuodatusrakenteet ovat yleensä maanalaisia, mutta suodattimia voidaan sijoittaa harkitusti myös ojiin ja rakennustyömaiden eri kohteisiin. Suodatinhiekan raekoko vaihtelee käyttökohteen ja tarkoituksen mukaan. Suodatinhiekan suodatuskyky perustuu suodattimen rakenteeseen ja virtausnopeuteen. Suodatinrakenteen tulee olla tarpeeksi tiivis, ettei suodatinhiekkä pääse valumaan siitä läpi, mutta samaan aikaan sen tulisi sallia riittävä veden virtausnopeus. Liian suuri virtausnopeus voi heikentää suodattimen kykyä poistaa haluttuja epäpuhtauksia. Suodatinhiekan on havaittu puhdistavan vedestä kiintoainesta, ravinteita ja muita epäpuhtauksia.

## 5.2 Kertasuodatusrakenteiden suodatinmateriaalikoeket

HULVATTU-hankkeen suodatuskokeeseen valittiin materiaaleja, jotka ovat yleisiä ja helposti saatavissa. Yhtenä kriteerinä oli myös se, että materiaaleja on jo käytetty tai tutkittu vesien suojelemissa aikaisemmin. Suodatuskokeeseen valitut materiaalit olivat suodatinhiekkä, puuhake (20–50 mm), biohiili (palakoko 0–20 mm), lietebiohiili (palakoko 0–12 mm) ja järviruoko. Järviruoko on suodatuskykyä testattiin sekä kortena (korren pituus 30 cm) että tarkkuussilppurilla leikattuna silppuna (palakoko 20–50 mm). Suodatuskokeen tavoitteena oli tutkia, miten

hyvin eri materiaalit suodattavat kiintoainesta ja sitovat ravinteita, kun suodattimien läpi syötetään keinotekoista hulevettä.

### **Esisuodatuskokeet suodatinmateriaaleille**

Suodatinmateriaaleille tehtiin puhtaan veden esisuodatuskoe, jossa selvitettiin, irtoaako suodatinmateriaaleista kiintoainesta. Suodatinmateriaaleja testattiin yhdessä akryylisärmiöissä, joiden tilavuus oli 8 litraa. Suodatinmateriaalia laitettiin särmiöihin 25 cm (n. 7 litraa). Särmiöt asetettiin aluslaatikossa olevaan kehikkoon, jolloin suodatinmateriaalista läpi suotautunut vesi pääsi valumaan suodattimen läpi vapaasti. Vedensyöttöä varten oli rei'itetty syöttöastia, jotta syöttövesi saatiin jakautumaan suodatinmateriaaliin tasaisesti.

Syötettävän veden määrässä huomioitiin Suomen keskimääräinen vuotuinen sademäärä, joka vaihtelee 500–650 mm välillä (Ilmasto-opas.fi n.d.-a; Bratieres ym. 2008). Vettä syötettiin särmiöihin 2,7 litraa ja vedensyöttöjä tehtiin peräkkäin kolme, niin että jokaisen syötön väliin jäi aikaa 48 h. Ennen uutta syöttöä suodattimen läpi suotautuneesta vedestä kerättiin vesinäyte kiintoainemääritystä varten ja aluslaatikot tyhjennettiin. Vesinäytteet pakastettiin ja kaikki kiintoainemääritykset tehtiin yhdellä kertaa. Esisuodatuskokeessa huomattiin, että varsinkin hiekasta ja lietebiohiilestä irtosi kiintoainesta huomattava määrä. Tästä syystä suodatuskokeeseen tulevat suodatinmateriaalit päätettiin huuhdella puhtaalla vedellä ennen kokeen aloitusta, jotta suodatinmateriaaliin sitoutunut kiintoainesta saadaan poistettua.

### **Suodatuskokeen järjestelyt**

Suodatuskoe tehtiin laatikoissa, jotka aseteltiin päällekkäin. Suodatinmateriaalilaatikko asetettiin poikittain aluslaatikon päälle (kuva 27). Molemmat laatikot sijoitettiin kahden kuormalavan päälle. Suodatinmateriaalilaatikkoon laitettiin suodatinmateriaalia 30 cm (n. 62 litraa) paksuinen kerros. Jokaista suodatinmateriaalia oli kolme laatikkotornia. Suodatinmateriaalit huuhdeltiin ennen ensimmäistä syöttökertaa. Samalla testattiin myös suodatinmateriaalien suotautumisaikaa ja todettiin, että syötettävä vesimäärä oli läpäissyt kaikki suodatinmateriaalit 46 h kuluessa syötöstä.

Keinotekoisena huleveden, eli syöttöveden pohjana käytettiin klooraamatonta vesijohtovettä. Keinotekoinen hulevesi tehtiin IBC-konttiin, johon laskettiin 1000 litraa vettä. Konttiin lisättiin





suotautuneesta vedestä otettiin näyte 46 h syötön jälkeen (Later Flush, LF), joka kuvasi läpi-suotautuneen veden kokonaisvaltaista puhdistustulosta.

Vesinäytettä otettaessa aluslaatikkoon läpi suotautunut vesi sekoitettiin huolellisesti. Näytteestä analysoitiin ravinne- ja kiintoainespitoisuudet sekä pH ja johtokyky. pH ja johtokyky mitattiin heti näytteenoton jälkeen (mittarina pHenomenal® MU6100L). Näytepullot lämmitettiin vesihauteessa (25 °C) ennen mittaamista. Laboratoriossa näytteistä analysoitiin nitraattityppi (NO<sub>3</sub>-N), fosfaattifosfori (PO<sub>4</sub>-P), kupari (Cu) ja sinkki (Zn) sekä kemiallinen hapenkulutus (COD). Analyysit on kuvattu tarkemmin kohdassa Menetelmät (s. 7). Kiintoainemääritys on tarkemmin kuvattu kohdassa Menetelmät (s. 6).

### **Tulokset suodatuskokeista**

Suodatinmateriaaleista läpi suotautuneen veden pH-arvoissa ei tapahtunut suuria muutoksia suodatuskokeen aikana. Alhaisimmat pH-arvot mitattiin järviruokosilpulla (6,8–7,1) ja korkeimmat lietebiohiilellä (8,0–8,3). Muiden suodatinmateriaalien läpi suotautuneessa vedessä pH-arvo oli välillä 7,0–7,9. Läpi suotautuneen veden johtokyky vaihteli eri suodatinmateriaaleja käytettäessä. Hiekan, puuhakkeen, järviruokokorsien ja järviruokosilpun johtokyky suotautuneessa vedessä oli matala koko kokeen ajan (100–143 µS/cm). Sen sijaan lietebiohiilellä ja biohiilellä suotautuneen veden johtokyky oli huomattavan korkea (2267 ja 394 µS/cm) kokeen alkaessa. Näissä kahdessa suodatinmateriaalissa johtokyky aleni kokeen edetessä, mutta biohiilellä suotautuneen veden johtokyky kokeen päättyessä oli edelleen huomattavan korkea (479 µS/cm).

Lietebiohiili ja biohiili sitoivat keinotekoisesta huleveden sisältäneen nitraattityypen lähes täysin suodatuskokeen aikana. Hiekka ja järviruokokorret eivät pidättäneet keinotekoisesta huleveden sisältämää nitraattityyppiä. Järviruokosilpusta ja puuhakkeesta vapautui materiaaliin sitoutunutta nitraattityyppiä, sillä suotautuneesta vedestä mitatut pitoisuudet olivat 1,4–1,8 kertaa suurempia kuin syöttövedessä olleet pitoisuudet.

Parhaiten fosfaattifosforia sitoivat hiekka, järviruokokorret sekä järviruokosilppu. Lietebiohiilellä, biohiilellä ja puuhakkeella suotautuneen veden fosfaattifosforipitoisuudet olivat korkeampia kuin syöttövedessä, mikä viittaa siihen, että materiaaleista liukeni fosforia

suotautuneeseen veteen. Kaikki suodatinmateriaalit sitoivat syöttövedestä kuparia. Kuparipitoisuudet laskivat kokeen edetessä kaikissa käsittelyissä ja kokeen päättyessä pitoisuudet jäivät alle analyysimenetelmän määrittämissä rajoissa. Sinkin osalta pitoisuudet jäivät alle analyysimenetelmän määrittämissä rajoissa.

Hiekka, lietebiohiili sekä biohiili poistivat kiintoainesta tehokkaasti koko suodatinkokeen ajan. Näissä suotautuneesta vedestä mitatut kiintoainepitoisuudet olivat alle 500 mg/l. Järviruokokorsilla, järviruokosilpulla tai puuhakkeella, suotautuneen veden kiintoainepitoisuudet vaihtelivat 1500–3000 mg/l välillä.

Kemiallinen hapenkulutus (COD) oli korkein (n. 50–120 mg/l) puuhakkeella ja järviruokosilpulla. Näillä suodatinmateriaaleilla suotautuneen veden kiintoainepitoisuus oli myös suurempi kuin muilla suodatinmateriaaleilla. Todennäköisesti orgaaninen kiintoainestimuloi mikrobitoimintaa suotautuneessa vedessä, mistä seurasi COD-pitoisuuden kohoaminen. Muilla suodatinmateriaaleilla COD-pitoisuudet olivat alle 20 mg/l.

Suodatinmateriaalien kyky pidättää vettä vaihteli. Suotautumisajat olivat pisimmät hiekalla, biohiilellä ja lietebiohiilellä. Hiekka- ja lietebiohiilisuodattimissa suurin osa syöttövedestä kulkeutui suodatinmateriaalin läpi kahden tunnin aikana. Biohiilen sisältämä hienoainestimuloi osan suodatinlaatikon pohjareijästä, mikä hidasti veden suotautumista. Puuhakkeen, järviruokokorsien ja järviruokosilpun vedenpidätyskapasiteetti oli heikko. Näillä materiaaleilla valtaosa syöttövedestä valui suodatinmateriaalin läpi ensimmäisen puolentunnin aikana. Järviruokosilppu homehtui kokeen aikana, mikä saattoi hidastaa veden suotautumista kokeen loppuvaiheessa.

### **Siirrettävien työmaasuodattimien ideointi Design Factory -yhteistyössä**

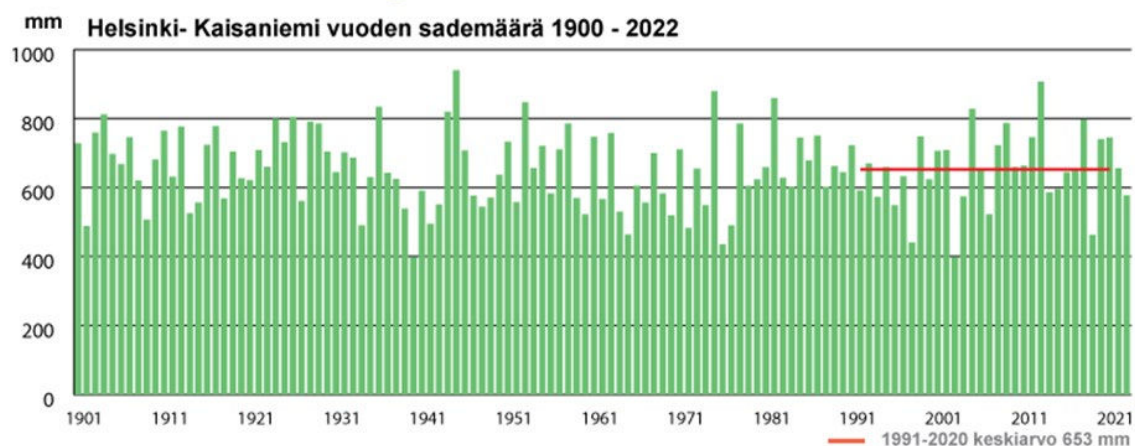
HULVATTU-hankkeeseen liittyi myös opiskelijayhteistyötä pistemäisten suojarakenteiden keksimiseksi. HAMK Design Factoryn opiskelijoiden tavoitteena oli ideoida ratkaisuja työmaalla syntyvien hulevesien helppoon käsittelyyn ja kiintoaineen pääsyn estämiseksi sadevesiverkostoihin. Ideoinnin lähtökohtana oli suunnitella HULVATTU-hankkeessa testatuille suodatinmateriaaleille pistemäisiä suojarakenteita, jotka olisivat helposti siirrettäviä ja käytettäviä, mutta myös niin kestäviä, että ne toimisivat rakennustyömaan vaativissa olosuhteissa.

Opiskelijayhteistyön tuotoksena syntyi kolme erilaista suodatinrakenne ideaa, joiden kaikkien toiminta perustui suodatinmateriaalien yhdistelemiseen. Yhdistelmäsuodatin mahdollistaisi suodattimen räätälöinnin tapaus- ja tilannekohtaisesti, jolloin suodatin pystyisi vastaamaan parhaalla mahdollisella tavalla rakennustyömaiden erilaisiin tarpeisiin.

### 5.3 Työmaavesien kiintoaineksen vähentämispotentiaali

Rakentamisen aikana maan pinta on pitkiä aikoja paljaana ja alttiina huuhtoutumille ja eroosiolle. Työmaan haittavaikutukset riippuvat kohteesta ja siitä, mihin kiintoaines päätyy. Työmaiden aiheuttamia haittoja ovat esimerkiksi hulevesikaivojen sakkapesien tukkeutuminen, jo rakennettujen luonnonmukaisten hulevesirakenteiden tukkeutuminen suunniteltua nopeammin sekä lähivesistöjen kiintoainekuormituksen lisääntyminen ja samentuminen. Lisäksi monet haitta-aineet sitoutuvat kiintoainekseen. Kun kiintoaineksen pääsy vesistöön estetään, vähennetään samalla vesistöön kohdistuvaa haitta-ainekuormitusta. Suuret sademäärät ja voimakkaat sateet kasvattavat huuhtoumaa. Mitä pidempään maa on paljaana, sitä enemmän kiintoainesta lähtee liikkeelle.

#### Vuosisademäärät Helsingissä



**Kuva 28** Vuosisademäärät Helsingissä Ilmatieteenlaitoksen vuositilastojen mukaan (Ilmatieteen laitos, n.d.).

Hankkeessa tehtiin kaksi esimerkkilaskelmaa talonrakennustyömaan aiheuttamasta kiintoainekuormasta. Sadannan määräksi valittiin 653 mm/a, joka on Helsingin sadantakeskiarvo vuosilta 1991–2020 (kuva 28). Pohjoisemman Suomen sademäärät ovat pienemmät, mutta ilmastonmuutoksen myötä sademäärän ennustetaan kasvavan ja muutos on Pohjois-Suomessa suurempi kuin Etelä-Suomessa (Ilmasto-opas n.d-b). Esimerkkilaskelmina käytettiin omakotitalon (kuva 29) ja kerrostalon rakennustyömaita (kuva 30). Esimerkkilaskelmissa työmaalla syntyvän huleveden määrä on laskettu hyödyntämällä vuosittaista sademäärää kaavalla

$$V = (C * P * A) * 100$$

jossa V = huleveden määrä eli tilavuus (m<sup>3</sup>), C = valumakerroin, P = sademäärä (mm) ja A = valuma-alueen pinta-ala (ha).

Esimerkkilaskelmissa valuma-alueen pinta-alana käytettiin tontin pinta-alaa ja oletettiin, että naapuritonttien hulevedet eivät ohjaudu ko. tontille. Kiintoaineksen määrä 8 kg/m<sup>3</sup> perustuu hankkeessa käytetyn keinotekoisin huleveden pitoisuuteen sekä aiempiin tutkimuksiin (Sillanpää 2013). Laskemissa käytettiin valumakerrointa 0,5. Molemmassa esimerkeissä työmaa on savimaalla.

#### Esimerkki 1:

Kohteena omakotityömaa, jonka tontin koko on 1000 m<sup>2</sup>. Talon perustukset tehdään kaivamalla. Savimaan vuoksi tarvitaan paljon massanvaihtoja. Kaivumaita säilytetään läjitettynä ja suojaamatta tontilla ennen pihan muotoilua ja rakentamista. Aika, jonka pinnat ovat auki ja alttiina huuhtoumalle, on 18 kk.

Esimerkkityömaalla muodostuvan huleveden tilavuus on

$V = (0,5 * 653 * 0,1 \text{ ha}) * 100 = 3265 \text{ m}^3$  vuodessa eli 18 kk kestävä työmaan aikana yhteensä **4897,5 m<sup>3</sup>**.

Kiintoaineksen määrät ovat vastaavasti (kaavalla  $V * 8 \text{ kg/m}^3$ ) 26120 kg vuodessa ja koko työmaan aikana **39180 kg**.

**Kuva 29** Esimerkkilaskelma omakotitalon rakennustyömaan aiheuttamasta kiintoainekuormituksesta.

#### Esimerkki 2:

Kohteena kerrostalotyömaa, jonka tontin koko on 2500 m<sup>2</sup>. Rakennuksen perustukset tehdään kaivamalla. Kaivumaita säilytetään tontilla. Aika, jonka pinnat ovat auki ja alttiina huuhtoumalle on 24 kk.

Työmaalla muodostuvan huleveden tilavuus on

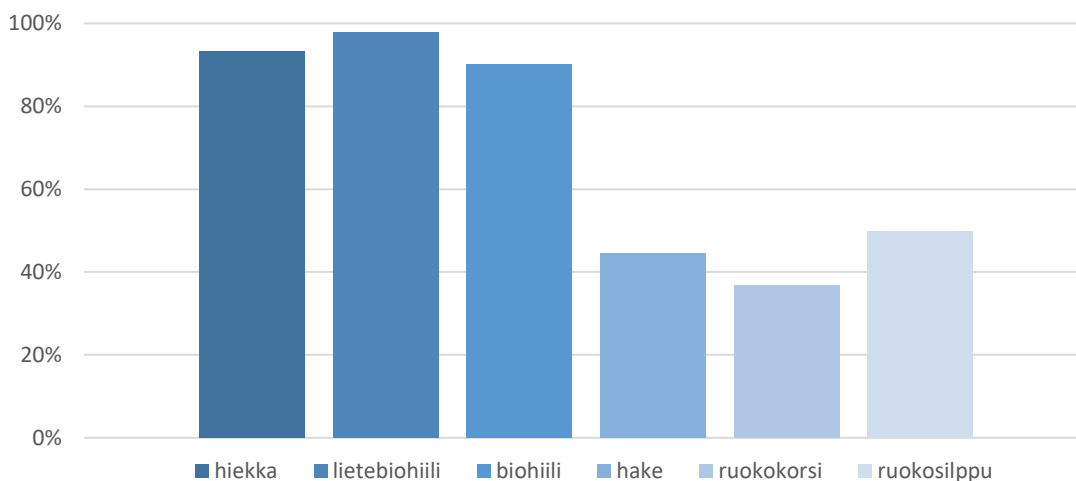
$V = (0,5 * 653 * 0,25 \text{ ha}) * 100 = 8162,5 \text{ m}^3$  vuodessa eli 24 kk kestävä työmaan aikana yhteensä **16325 m<sup>3</sup>**.

Kiintoaineksen määrät ovat vastaavasti (kaavalla  $V * 8 \text{ kg/m}^3$ ) 65300 kg vuodessa ja koko työmaan aikana **130600 kg** (130,6 tn).

**Kuva 30** Esimerkkilaskelma kerrostalon rakennustyömaan aiheuttamasta kiintoainekuormituksesta.

Esimerkissä 1 omakotitalon rakennustyömaalta syntyneen kiintoainekuorman suuruus on koko työmaan aikana 39 tonnia. Esimerkissä 2 kerrostalon rakennusvaiheessa syntynyt kiintoainekuorma on 130 tonnia.

Hankkeen aikana kertasuodatusrakenteiden suodatuskokeissa vertailtiin eri materiaalien kykyä sitoa haitta-aineita ja kiintoainesta. Kiintoaineksen laskennallista vähenemää muodostettaessa käytettiin pohjatietona kertasuodatusrakenteiden suodatuskokeesta saatuja tuloksia. Koska työmailla rakentamisen aika on pitkä, hulevesien käsittelyyn tarkoitettavat suodatusrakenteet ovat paikallaan pitkään. Kertasuodatusrakenteiden kokeessa hiekka, biohiili sekä lietebiohiili poistivat kokeessa kaikki yli 90 % kiintoaineksesta (kuva 31). Orgaanista ainesta runsaammin sisältäneet suodatinmateriaalit, puuhake, järviruokokorsi sekä järviruokosilppu, poistivat 37–50 % kiintoaineksesta.



**Kuva 31** Suodatuskokeessa saaduissa tuloksissa suodatinmateriaalien kyky sitoa itseensä kiintoainesta vaihteli. Tehokkaimmin kiintoainesta poisti hiekka, lietebiohiili sekä biohiili. Puuhake sekä järviruokokorsi ja -silppu poistivat vain noin puolet syötetystä kiintoaineksesta.

Kaikkia suodatuskokeissa olleita materiaaleja voitaisiin käyttää rakennustyömailla vähentämään tontilta poistuvaa kiintoainekuormitusta. Eri materiaalien kiintoaineksen vähentämispotentiaali on kuvattu taulukossa 8. Kuvan 29 esimerkkityömaalla kiintoainekuormaa

pystyttäisiin vähentämään rakentamisaikana jopa 38 tonnia, jolloin tontin ulkopuolelle pääsevän kiintoaineksen määrä olisi enää yksi tonni. Kuvan 30 esimerkkityömaalla tontilta poistuvan kiintoainekuorman määrää voitaisiin vähentää jopa 127 tonnia, jolloin tontin ulkopuolelle päätyisi kolme tonnia kiintoainesta.

**Taulukko 8** Eri materiaalien kiintoaineksen laskennallinen vähentämispotentiali omakotitalon esimerkkityömaalla ja kerrostalon esimerkkityömaalla 2.

Suodatin- materiaali	suodatus- teho, %	OK-työmaa		KT-työmaa	
		suodattimen poistama kiintoaines, tn	kiintoaines- kuorma tontin ulkopuolelle, tn	suodattimen poistama kiintoaines, tn	kiintoaines- kuorma tontin ulkopuolelle, tn
hiekkä	93	36	3	121	9
lietehiili	98	38	1	127	3
biohiili	90	35	4	117	13
hake	44	17	22	58	72
järviruokokorsi	37	14	25	48	82
järviruokosilppu	50	19	20	65	65

Työmaiden hulevesistä kannattaa siis huolehtia, sillä suodatusrakenteilla voidaan pienentää lähivesistöjen kiintoainekuormitusta ja samalla saadaan vähennettyä myös muita kiintoainekseen sitoutuneita haitta-aineita. Kertasuodatusrakenteissa käytettyjen materiaalien tulisi olla kevyitä asentaa paikoilleen ja siirtää työmaalla kohteesta toiseen, mutta myös kierrätettävissä käytön jälkeen. Hiekan suodatusteho on hyvä, mutta sen käyttö työmaakohteissa on haastavaa materiaalin painon takia. Kuitenkin materiaaleja yhdistämällä voidaan löytää jokaiseen kohteeseen sopiva suodatusrakenne.

## Lähteet

Bratieres, K., Fletcher, T.D., Deletic, A., Zinger, Y. 2008. Nutrient and sediment removal by stormwater biofilters: A large-scale design optimisation study. Water Research.

Ilmasto-opas, n.d.-a Nykyinen ilmasto - 30 vuoden keskiarvot. Haettu osoitteesta <https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/nykyinen-ilmasto-30-vuoden-keskiarvot>

Ilmasto-opas, n.d.-b. Sademäärät kasvavat ja rankkasateet voimistuvat. <https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/sademaarat-kasvavat>

Ilmatieteen laitos, n.d. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/vuositilastot>

Sillanpää, N. 2013. Effects of suburban development on runoff generation and water quality. Helsinki: Aalto University, School of Engineering, Department of Civil and Environmental Engineering.

Vakkilainen, P., Kotola, J., & Nurminen, J. 2005. (toim.). Rakennetun ympäristön valumavedet ja niiden hallinta. Ympäristöministeriö. Suomen ympäristö 776.

Valtanen, M., Sillanpää, N. & Setälä, H. 2012. Lysimetrikoe hulevesien biosuodatukselta kylmässä ilmastossa. Teoksessa: Sänkiaho, L., & Sillanpää, N. (toim.) STORMWATER-hankkeen loppuraportti - Taajamien hulevesihaasteiden ratkaisut ja liiketoimintamahdollisuudet.

## Taulukossa 7 käytetyt lähteet

[1] S. Sirviö, V. Honkala, J. Kosamo & V. Käyhkö. 2020. Välimaan sivutuotteita hyödyntävän vesiensuojelurakenteen suunnittelu, rakentaminen ja seuranta. <https://www.ouka.fi/documents/18161254/19559701/V%C3%A4limaan+vesiensuojelurakenteen+suunnittelu+rakentaminen+ja+toimivuuden+seuranta+08122020.pdf/09c79d2b-e066-484d-9be6-8ed2b12a047b>

[2] J. Lantto & I. Lindfors. 2005. Joutsijärven ja Tuurujärven vesiensuojelusuunnitelma: Hakesuodatuskokeet. Porin Vesi, Lounais-Suomen Ympäristökeskus, Porin kaupungin ympäristötoimisto ja Kullaan kunta. <https://docplayer.fi/30592751-Joutsijarven-ja-tuurujarven-ve-siensuojelusuunnitelma-hakesuodatuskokeet.html>

[3] A. Kaseva, K. Laine, T. Ajosenpää, J. Niemi & M. Mononen. 2020. Biohiili- ja hakesuodattamo salaojavesien käsittelyssä. Pilotoinnin tulosraportti 2019. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/346286/Kaseva\\_etal\\_Biohiili\\_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/346286/Kaseva_etal_Biohiili_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[4] A. Kirveslahti, T. Viitasaari, K. Kekäläinen, V. Yli-Antola, J. Hawel, R. Miettinen & H-K. Koponen. 2019. Hakkuutähteen ja hakkeen uudet käyttökohteet. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/266416/978\\_952\\_7173\\_44\\_2.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/266416/978_952_7173_44_2.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[5] K-M. Vuori, M. Leppänen, S. Koljonen, J. Jämsén, A. Vaso, E. Keskinen, H. Hämäläinen, M. Nieminen, E. Huotari & J. Soimasuo. 2021. Puupohjaisilla uusilla materiaaleilla tehoa metsätalouden vesiensuojeluun ja vesistökuunnostuksiin. PuuMaVesi-hankkeen loppuraportti. <https://www.syke.fi/hankkeet/puumavesi>

[6] HSY. 2019. Selvitys lietehiilen lupaprosesseista viranomaisten näkökulmasta. Haettu 15.12.2021 osoitteesta <https://docplayer.fi/182058631-Raportti-hsy-selvitys-lietehiilen-lupaprosesseista-viranomaisten-nakokulmasta.html>

[7] Maaseudun tulevaisuus. <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/ymparisto/artikkeli-1.1371152>

[8] M. Heikura. 2021. "Vesistöjen jäte" muuttuikin puhdistajaksi, kun se nostettiin ylös – 300 nippua järviruokoa valjastettiin estämään mikromuoveja pääsemästä veteen. Yle-utiset 21.4.2021. <https://yle.fi/uutiset/3-11894065>

[9] HuleRuoko-hanke. 2019. HuleRuoko. <https://www.kokeilunpaikka.fi/en/kokeilu/huleruoko>



[10] T. Kirjokivi. 2018. Biohiilisuodatin hulevesien käsittelyssä: Case Espoo Otsonlahti. Opinnäytetyö. Energia- ja ympäristötekniikan koulutusohjelma. Lahden ammattikorkeakoulu.

[11] Elo, A. 2020. Biohiili valumavesien suodatuksessa. <https://www.vanajavesi.fi/2020/wp-content/uploads/2019/03/Biohiili-valumavesien-suodatuksessa-Hamk.pdf>.

[12] Isotalo, I., Kauppi, P., Ojanen, T., Puttonen, P. & Toivonen, H. 1981. Järviruoko energiakasvina. Vesihallitus. <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/152668/Vesihallitus%20Tiedotus%20210.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

[13] Schueler, T. 2000. Developments in Sand Filter Technology to Treat Stormwater Runoff: The Practice of Watershed Protection. Center for Watershed Protection, Ellicott City, MD. <https://owl.cwp.org/?mdocs-file=4825>

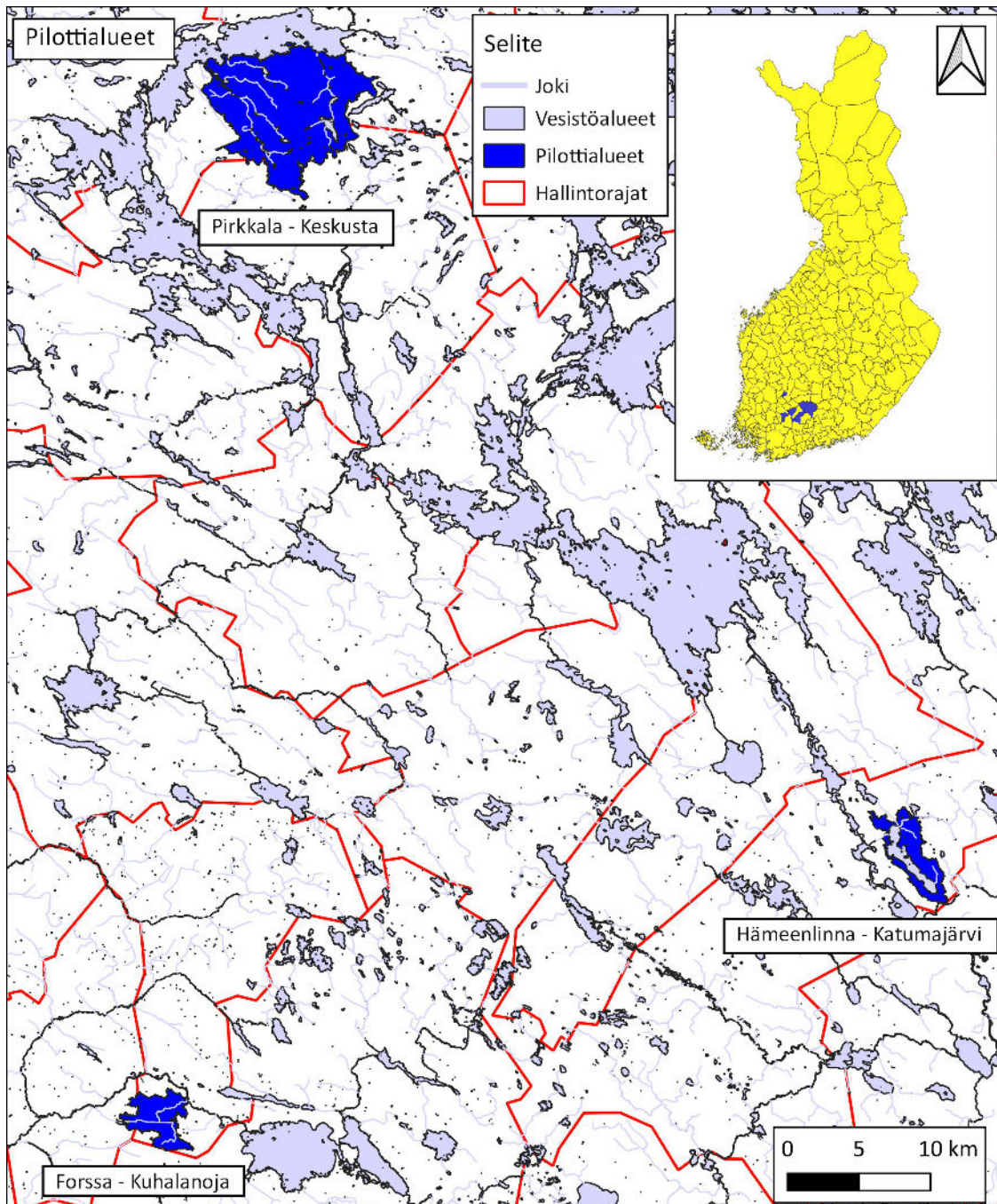
[14] Urbonas, B.R. 2008. Stormwater Sand Filter Sizing and Design A Unit Operations Approach. <http://urly.fi/35PZ>

## 6. WSSP:n laatimisen vaiheet

**Kirjoittajat: Samuli Riihijärvi, Outi Tahvonen**

Tässä luvussa kerrotaan WSSP-työkalun pilotointiprosessista ja siitä, miten työkalu on laadittu. Tarkoituksena oli pilotoida ratkaisu hulevesien hajautetulle hallinnalle, jossa hulevesien aiheuttamat riskit sovitetaan yhteen maankäytöllisten mahdollisuuksien ja rajoitteiden kanssa. Pilotointi toteutettiin 2022–2023 osana kestävän kehityksen koulutusohjelman toiminnallista opinnäytetyötä: Water shed safety plan -työkalun kehittäminen ja pilotointi Kuhalanojan valuma-alueella. Pilotoinnin ja opinnäytetyön toiminnallisena tuloksena syntyivät WSSP-ohjeet (liite 5) ja WSSP-tietokanta (liite 6). Tässä luvussa paikkatietopohjaisesta WSSP-työkalusta käytetään tästä eteenpäin termiä WSSP.

WSSP:n pilottialueina toimivat Pirkkalan kunnan yleiskaavan alue, Hämeenlinnan Katumajärven ja Forssan Kuhalanojan valuma-alueet, joiden sijainti on esitetty kuvassa 32. Opinnäytetyö keskittyi Kuhalanojalle, jossa prosessi vietiin pisimmälle. Kaikille pilottialueille onnistuttiin tuottamaan WSSP-ohjeita soveltamalla WSSP-tietokannan mukaiset paikkatietokannat. Pilotointi toteutettiin QGIS 3.22.7 paikkatieto-ohjelmistolla, jonka kautta käytettiin kaikkia FOSS4G geospaatialisia kirjastoja (GDAL) sekä muita sovelluksia (GRASS GIS). Alusta valittiin aiemman käyttökokemuksen, avoimen lähdekoodin sekä suhteellisen suuren käyttäjäkunnan takia (Gispo 2021; Qgis.org n.d).



**Kuva 32** Pilottikuntien sijainnit kartalla sekä alustavat pilottialueina käytetyt valuma-alueet.

Ensimmäisen kaupunkityöpajan keskustelujen perusteella todettiin, että paikkatietopohjaisen ratkaisun tulisi olla halpa, nopea ja helppo toteuttaa. Taloudellisten rajoitteiden takia päätettiin käyttämään avoimia lähtöaineistoja sekä avoimen lähdekoodin ohjelmistoa. Ajallisista

syistä WSSP:ssä hyödynnettiin mahdollisimman paljon valmiita aineistoja ja -ohjeistuksia. Tämän takia kenttätyöskentelyä ei otettu osaksi WSSP:tä. WSSP:tä varten luotiin myös käyttövalmiit ohjeet, jolloin osaamisesta ei muodostu este WSSP:n käyttämiselle.

WSSP-ohjeissa käydään vaihe vaiheelta läpi, kuinka aineistoja käsitellään ja muokataan käyttötarkoitusta vastaavaksi. Ohjeiden perimmäisenä tarkoituksena on löytää vähintään yksi avoin ja ilmainen tapa suorittaa WSSP. WSSP-tietokannassa kuvaillaan ja perustellaan yksityiskohtaisesti WSSP:ssä määritettyjen paikkatietokantojen ominaisuustiedot, formaatit ja käytetyt arvot sekä parametrit.

WSSP:ssä käytettävää paikkatietoaineistoa etsittiin Maanmittauslaitoksen (MML) paikkatietoikkunasta ja paikkatietohakemistosta (MML n.d-a; MML n.d-b). Lisäksi tarkasteltiin Luonnonvarakeskuksen (LUKE) avointen aineistojen latauspalvelua ja Suomen Ympäristökeskuksen (SYKE) paikkatietoaineistot (SYKE n.d; LUKE n.d). Kunnallisiin aineistoihin tutustuttiin keväällä 2022. Tutustumisen perusteella saatiin käsitys siitä, millaisia aineistoja kunnilla on käytettävissä.

Kunnallisia ja kansallisia paikkatietoaineistoja täydennettiin yleiseurooppalaisilla aineistoilla EEA:n palveluista (EEA n.d-a). WSSP:ssä hyödynnettäviin lähtöaineistoihin tutustuttiin nimien ja saatavilla olevien metatietokuvausten perusteella. Valikoidut aineistot testattiin ja kelpoisimmat aineistot otettiin käyttöön pilottipaikkakuntien etuja ajatellen. Kaikki WSSP:ssä käytetyt aineistot ovat avoimia ja maksuttomia ja niitä muokkaamalla sekä prosessoimalla kyetään hallitsemaan hulevesiä turvallisuuspohjaisesti. Aineistot ja aineistoista johdettuja tuloksia esiteltiin pilottipaikkakunnille toisessa kaupunkityöpajassa.

WSSP:stä pyrittiin toteuttamaan mahdollisimman modulaarinen. Tällä tarkoitetaan, että osia voidaan pääpiirteisesti toteuttaa toisistaan erillisenä ja prosessiin tarvittavaa ajankäyttöä voidaan tarpeen mukaan hillitä. WSSP koostuu kolmesta moduulista, jotka ovat WSSP-valuma-aluemoduuli, WSSP-maankäyttö- ja -muutosaluemoduuli sekä WSSP-riskimoduuli.

WSSP-valuma-aluemoduulin avulla pystytään määrittämään kaupunkivaluma-alueet halutussa skaalassa ja halutulla tarkkuudella huomioiden hulevesiviemäriverkon peitteisyys. WSSP-maankäyttö- ja -muutosaluemoduulin avulla arvioidaan ihmistoiminnan vaikutuksia

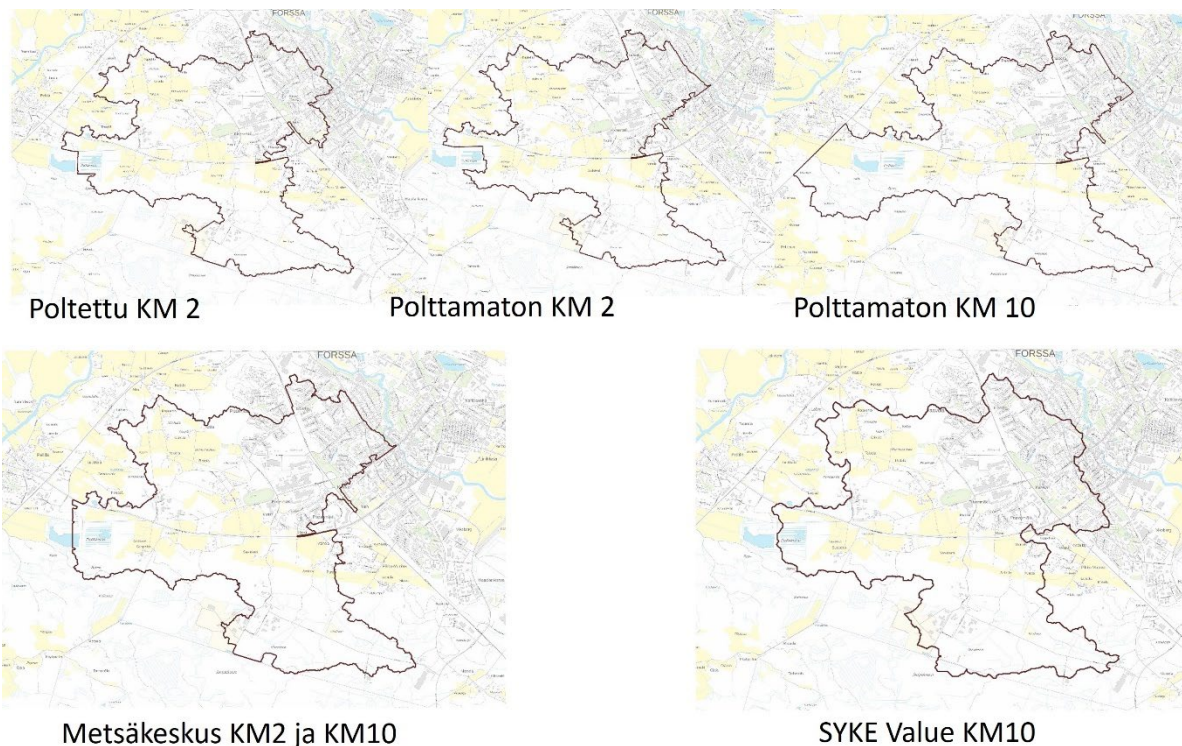
hulevesiin hulevesikohtaisen maankäyttöluokittelun avulla. Tässä moduulissa pystytään paikantamaan myös hulevesien kannalta muuttuvat alueet. WSSP-riskimoduulissa voidaan arvioida hulevesiin kohdistuvia biofyysisiä ja ihmistoiminnan aiheuttamia riskejä sekä kohdistaa toimenpiteitä resurssiviisaasti.

## 6.1 Kaupunkivaluma-alueen määrittely

Vesistöjen tutkimus käyttää tarkastelualueena valuma-aluetta, sillä mm. hydrologinen, geomorfologinen ja vesiekologinen tutkimus vaatii tyypillisesti vesistön valuma-alueen määrittelyä. Valuma-alueella tarkoitetaan maantieteellistä aluetta, josta vesistö saa vetensä. Valuma-alueet voidaan erottaa toisistaan aseman ja vedenjakajien avulla, joilla tarkoitetaan muuta ympäristöä korkeampia alueita. (Strahler 2013; Pidwirny 2006.)

Perinteisesti tämä jako on tehty karttatyönä piirtämällä alueet korkeuskäyrien avulla, mikä on kuitenkin aikaa vievä ja inhimillisille virheille altis prosessi. Sen takia valuma-alueet määritetään yleensä digitaalisesti. Valuma-alueen digitaalinen määrittäminen vaatii aina digitaalisen korkeusmallin ja siihen sopivan virtaussuunta-algoritmin, jonka avulla pystytään määrittämään virtauksen suunta tai suunnat korkeusmallista (Esri n.d; GISGeography 2022a).

Valuma-alueet voidaan jakaa vedenjakajien avulla haluttuun skaalaan osavaluma-alueiksi. Ainoa rajoittava tekijä vedenjakajien lisäksi on korkeusmallin tarkkuus (Pidwirny 2006). Korkeusmalli on maanpinnan korkeusarvon esitys numeerisessa muodossa. Suomessa avoimen korkeusdatan tuottaa MML kahdella eri hilakoolla: 2 metriä ja 10 metriä (MML n.d-c). Hilakoolla on merkitystä valuma-alueiden määrittämisessä. Paremmalla resoluutiolla, eli pienemmällä hilakoolla, saadaan tarkempia valuma-alueita, mutta laskenta-ajat kasvavat (Chang 2016). Kuvassa 33 on esitettyä pilottipaikkakunnista Forssassa sijaitseva Kuhalanojan valuma-alue laskettuna eri valuma-alue työkaluilla sekä hilakoolla. Kuvan yläosassa valuma-alueet on laskettu samalla työkalulla.



**Kuva 33** Hilakoon, polttamisen ja työkalun merkitys valuma-alueen määrittämisessä. Polttamisesta selitetään edempänä.

Valuma-alueen määrittelyn digitaaliseksi korkeusmalliksi valittiin MML:n Korkeusmalli 2 m (KM 2) aineisto, joka on hilakooltaan tarkempi kuin toinen MML:n tuottama korkeusmalli Korkeusmalli 10 m (KM 10). Aineisto on hilakooltaan kaksi metriä ja sen korkeustarkkuus vaihtelee laatuluokittain 30–100 cm välillä. Alkuperäisen laserkeilausaineiston pistetiheys on 0,5 m<sup>2</sup>. KM 2 edustaa niin sanottua paljaan maan topografiaa eli siitä on poistettu kiinteät rakenteet, kasvillisuus ja ei-kiinteät geologiset kohteet. (MML n.d.-c.)

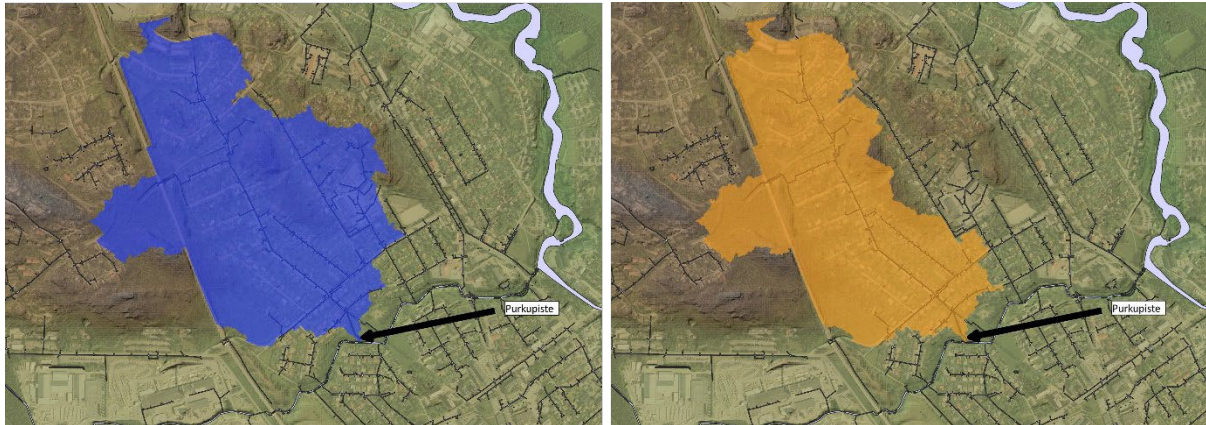
Vaihtoehtona Korkeusmalli 2 m -aineistolle harkittiin MML:n 5 p laserkeilausaineiston hyödyntämistä ja dronikuvausta. Laserkeilausaineiston käyttöönoton esteeksi muodostuivat käyttö- ja lisenssikulut sekä pilottipaikkakuntien intressit (MML n.d.-e). Laserkeilausaineiston LAZ-formaatin muuntaminen hilamuotoiseksi korkeusmalliksi onnistuu QGIS sovelluksen kautta LAStools -työkalulla (Qgis.org n.d.-b). Tämä prosessi todettiin testiaineiston perusteella liian työlääksi. Lisäksi sovelluksen käyttämiseksi tulisi hankkia lisenssi LAStools-ohjelmaan ja

laserkeilausaineistoon (rapidlasso n.d), mikä lisää kustannuksia. Lopullinen hylkäys tapahtui, kun todettiin, että laserkeilausaineistot eivät kattaneet jokaista pilottialuetta kokonaan (MML n.d-f).

Droonikuvauksen esteeksi nousivat pilottipaikkakuntien intressit, kuten hinta ja luvat sekä käytettävyys. Yli 500 gramman droonin lennättäminen vaatii lentolupakirjan sekä erityisluvan droonin lennättämiseen asutettujen alueiden yllä (Traficom 2022). Kaikki pilottialueet sijaitsivat asutuksen läheisyydessä. Lisäksi pilottialueet olivat ajankäytön takia liian suuria kuvattavaksi droonilla pilottivaiheessa.

Kaupunkiympäristössä ja taajamissa vesi kulkee usein pinnan alla peitteisenä joko rummuissa, putkissa tai siltojen alla. Vettä ohjataan hulevesiverkkoon pääosin painovoimaisesti, mutta vettä voidaan myös ohjata painovoiman vastaisesti pumppuilla (Kuntaliitto 2012). Pilotoinnissa ei otettu huomioon veden pumppausta, sillä pilottialueilla ei ollut pumppuja merkittävästi käytössä.

Jotta kaupunkimaisilla alueilla voidaan määrittää valuma-alueet tarkasti, on digitaalisen korkeusmallin huomioitava hulevesiverkoston peitteisyys. Hulevesiverkoston suuri peitteisyys on syy miksi kaupunkimaisista valuma-alueita ei voi suoraan määrittää MML:n korkeusmallista. Uomat on saatava edustetuksi korkeusmallissa, muuten valuma-alueiden määrittäminen on epätarkkaa. WSSP:ssä hulevesiverkosto tuodaan korkeusmalliin polttamisen avulla. Polttamisella (myös kovertaminen) tarkoitetaan digitaalisen korkeusmallin hilan arvojen laskemista ennalta määritetyistä kohdista alemmiksi arvoiksi. Polttaminen on tyypillinen tapa virtaus-suunnan ohjaamiseksi korkeusmallissa (Lindsay 2015; Lindsay 2012). Kuvassa 34 on kuvattu polttamisen vaikutusta erääseen valuma-alueeseen. Kuvasta huomataan, että ilman polttamista hulevesiverkon peitteisyys vääristää valuma-alueita. Kuvassa sininen valuma-alue on vääristynyt ja oranssia suurempi, koska hulevesiverkoston peitteisyyttä ei ole huomioitu korkeusmallissa.



**Kuva 34** Sininen valuma-alue on vääristynyt ja oranssia suurempi, koska hulevesiverkoston peitteisyyttä ei ole huomioitu korkeusmallissa.

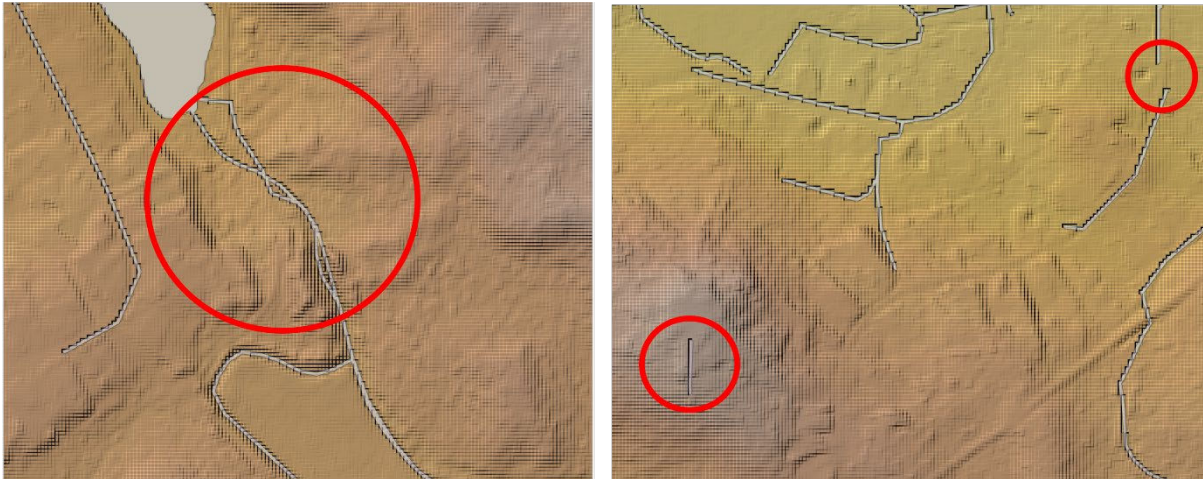
Polttotapoja on useita erilaisia. Pilotoinnissa kuitenkin pyrittiin pitämään polttoprosessi mahdollisimman yksinkertaisena. Pilotoinnissa ei vertailtu erilaisia polttotapoja tai niiden vaikutusta valuma-alueen mallintamisen tarkkuuteen. WSSP:ssä korkeusmalli poltetaan samanaikaisesti yhdellä kertaa niin sanotun polttotason avulla. Polttotaso koostuu kunnallisesta hulevesiverkosta ja MML:n maastotietokannan hydrografisista kohteista sekä altaista, joista muodostetaan monikulmiomuotoinen vektori. Aineistot valittiin helppokäyttöisyyden ja tarkkuuden takia. Polttamisen vaikutukset korkeusmalliin on demonstroitu kuvassa 35, jossa poltetut uomat näkyvät muuta ympäristöä tummempina hiloina.



**Kuva 35** Vasemmalla polttamaton ja oikealla poltettu korkeusmalli. Polttaminen näkyy korkeusmallissa selkeästi tummempina hiloina ja uomaverkosto on yhtenäisempi.

Pilottipaikkakunnat toimittivat tiedot hulevesiverkostosta teknisenä piirustuksena. Tekniset piirustukset sisälsivät vesilaitoksen hulevesiverkkoon kuuluvat avouomat, rummut sekä hulevesiputket ja kaivot. Pilottialueilla ei ollut sekaviemäröintiä. Joissain tapauksissa myös vakavesistöt, eli lammet, järvet ja altaat, tulivat aineistojen mukana. Hulevesiverkoston teknisen piirustuksen tarkkuus, laatu ja luonne sekä formaatti vaihtelivat pilottipaikkakunnittain. Jokaisen pilottipaikkakunnan hulevesiverkostossa havaittiin epäjatkuvuuskohtia ja puutteita, joilla oli vaikutusta valuma-alueen mallintamiseen. Epäjatkuvuuskohdiksi laskettiin ne kohteet, jotka eivät olleet hydrologisessa yhteydessä muuhun vesiverkostoon. Lisäksi toisinaan kunnallisen hulevesiverkon ja maastotietokannan tiedot uoman sijainnista vaihtelivat paljon. Joissain tapauksissa tämä saattaa johtaa virheellisesti kaksoisuomien syntymiseen. Kuvassa 36 on esimerkkejä epäjatkuvuuskohdista ja eroista kunnallisen ja kansallisen aineistojen välillä.





**Kuva 36** Vasemmalla sama uoma poikkeaa sijainniltaan kunnallisen hulevesiverkoston ja maastotietokannan aineistojen välillä. Oikealla on kuvattu kaksi epäjatkuvuuskohtaa, jolloin poltetut uomat eivät ole hydrologisessa yhteydessä muuhun uomastoon.

WSSP:ssä kunnallinen hulevesiverkosto ja kansalliset maastotietokannan kohteet sulatetaan yhdeksi polttotasoksi. Polttotaso edustaa kokonaisvaltaisesti vesiverkosta hulevesien kanalta. Pilotoinnissa polttotasoa ei korjattu mitenkään. Menetelmään saadaan lisää tarkkuutta korjaamalla poltossa käytettävää tasoa, sillä erityisesti vesiverkoston jatkuvuus ja uomien tarkemmat sijainnit parantaisivat tuloksia (Ollila 2022). Pilotoinnissa ei huomioitu kaivoja valuma-alueen määrittelyssä. Todellisuudessa vesi kulkeutuu kaivojen kautta putkistoon, mutta tästä huolimatta peitteisiä hulevesiverkoston osia kohdeltiin avouomina. Myöskään putkien ja rumpujen korkoa, halkaisijaa tai materiaalia ei huomioitu pilotointivaiheessa.

Polttamisen vaihtoehdona pohdittiin osavaluma-alueiden korjaamista hulevesijärjestelmän ja tonttirajojen avulla. Tässä oletuksena on, että hulevedet käsitellään aina tontilla ja niitä ei johdeta viereisille tonteille, vedet kulkevat aina lähimpään hulevesijärjestelmään tai luonnolliseen vesistöön painovoimaisesti sekä kaikki rakennetut tontit ovat liittyneet hulevesiverkoon. Valuma-alueet muodostettaisiin halutussa skaalassa ja valuma-alueisiin lisättäisiin tai poistettaisiin tontteja oletusten mukaisesti. Kokeilun perusteella huomattiin, että menetelmä ja sen oletukset synnyttivät useita ongelmia. Osa pilottialueiden tonteista oli niin laajoja, että ne ulottuivat joissain tapauksissa useille osavaluma-alueille, jotka purkivat vettä eri suuntiin.

Tonteilla saattoi myös olla useita rakenteita, joiden vedet voisivat purkaa eri osavaluma-alueille. Kuvassa 37 esitetty testien ongelmakohteita, joita oli testialueella useita. Osavaluma-alueen korjaaminen tonttirajojen avulla hylättiin testien perusteella.



**Kuva 37** Tonttijaon ongelmia. Kuvassa mustalla viivalla tonttirajat ja punaisella viivalla (hule)vesiverkosto. Taustan eri värit (sininen, violetti, punainen ja vihreä) tarkoittavat eri valuma-alueita. Vihreillä nuolilla osoitettujen talojen ja tonttien vedet voivat purkaa yhtä todennäköisesti kummalle tahansa tontteja leikkaavalle valuma-alueelle.

Valuma-alueen määrittelytyökaluksi pilotoinnissa valittiin GRASS GIS r.watershed ja sitä tukemaan r.water.outlet. R.watershed on D8 -virtaussuunta-algoritmiin perustuva valuma-alue työkalu, jonka avulla voidaan tuottaa valuma-alueet, virtaussuunnat ja virtojen sijainnit haluttu skaalassa. Työkalu on parametreiltään erittäin muunneltava ja sallii laskenta-alueen rajauksen jopa lennosta. Tämä lyhentää laskuaikaa ja mahdollistaa erittäin tarkkojen

parametrien käyttämisen pienemmille alueille ilman korkeusmallin leikkaamista. (GRASS Development Team, n.d.-a.)

R.water.outlet on GRASS GIS työkalu, jolla pystytään osoittamaan r.watershedin tuottamasta virtaussuuntatasosta mille tahansa osoitetulle hilalle sen alapuolinen valuma-alue (GRASS Development Team, n.d-b). Pilotoinnissa SAGA GIS:in hydrologiset työkalut osoittautuivat helpokäyttöisiksi, mutta eivät parametreiltään yhtä muunneltaviksi eikä työkaluissa ollut mahdollisuutta laskualueen rajaukseen. Lisäksi SAGA GIS tuki on loppumassa QGIS:in 3.30 versiossa ja ohjelmaa tulee sen jälkeen käyttää oman käyttöliittymänsä kautta (Github, n.d-a).

R.watershed:in etuna on lisäksi niin kutsuttu least-cost search-algoritmi, jonka avulla virtaussuunta ei pysähdy korkeusmallin kuoppiin, satuloihin, tasanteisiin tai huippuihin. Algoritmi etsii naapurihilojen kaltevuuden perusteella virtauksen kannalta edullisimman reitin. Algoritmin johdosta r.watershed:ssa käytettyä korkeusmallia ei tarvitse täyttää, mikä säästää työaika, kun kelpoisinta täyttötyökalua ei tarvitse etsiä. Tästä syystä pilotoinnissa ei testattu eikä WSSP-ohjeissa esitetä, kuinka valuma-alueet täytetään. Least-cost search-algoritmi sallii myös erittäin suurien polttoarvojen käyttämisen, sillä virtaus nousee aina kuopasta, oli syvyys mikä tahansa. (GRASS Development Team, n.d.-a.) Esimerkiksi Raudaskoski (2016) käyttää hulevesitutkimuksessaan sadan metrin polttoarvoa samalla työkalulla.

WSSP:ssä valuma-alue on maankäytön ja riskikartan kanssa huleveden hallinnan työkalu. Käytetyt menetelmät huomioivat kaupunkivaluma-alueen peitteisyyden ja valittu työkalu on kelpoisin saatavilla olevista FOSS4G-työkaluista. WSSP-valuma-aluemoduulin tuloksena syntyvät valuma-alueet ovat ainoastaan niin tarkkoja kuin käytetyt lähtöaineistot. Paras mahdollinen tulos saadaan jatkuvalla ja tarkalla viivamuotoisella hulevesiverkoston teknisellä piirustuksella sekä tarkkaresoluutioisella korkeusmallilla. Valuma-alueen määrittelyä voidaan muuttaa modulaarisuuden avulla, joka sallii sekä parametrien ja valuma-alueen määrittämisen työkalun vaihdon. WSSP-valuma-aluemoduuli on melko nopeahko toteuttaa.

## 6.2 Maankäyttöluokkien ja muutosalueiden määrittely

WSSP:ssä maankäyttöluokalla tarkoitetaan aluetta, jossa ihmistoiminta ja biofyysinen ympäristö vaikuttavat alueen hulevesien muodostumiseen, riskeihin ja ratkaisuihin. Muutosalueet ovat alueita, jotka voivat muuttua tulevaisuudessa hulevesien kannalta sellaisella tavalla, ettei niitä voida pitää enää samana maankäyttömuotona. Esimerkiksi metsäalueen muuttuminen palvelualueeksi johtaa viherpeitteisyyden ja vettä läpäisevien pintojen vähenemiseen. Tämän lisäksi ihmistoiminnan luonne alueella muuttuu täysin. Muutosalueiden tunnistaminen auttaa hahmottamaan ja valmistautumaan tuleviin hydromorfologisiin muutoksiin. Lisäksi maankäyttömuodoille voidaan antaa riskiarvo, jonka avulla ihmistoiminnasta syntyvää riskiä voidaan arvioida alueellisesti.

Maankäyttöluokka on jaettu 12 maankäyttömuotoon, joita ovat:

- Keskustatoimintojen alueet
- Työ- ja teollisuusalueet
- Palvelualueet
- Kenttäalueet
- Liikennealueet
- Väljät asuinalueet
- Tiiviit asuinalueet
- Maatalousalueet
- Avoimet viheralueet
- Metsäalueet
- Vesistöalueet
- Erityisalueet

Maankäyttömuodot on kuvailtu yksityiskohtaisesti liitteessä 6. Maankäyttöluokan maankäyttömuotojen muodostamiseen vaikuttivat pilottipaikkakuntien tarpeet ja resurssit,

lähtöaineisto sekä aiemmat hulevesitutkimukset. Maankäyttöluokittelu katsottiin tarpeelliseksi, koska sen avulla voitiin arvioida ihmistoiminnan aiheuttamaa riskiä ja arvioida huleveden hallintakeinojen kelpoisuutta alueellisesti erityisesti hulevesien näkökulmasta.

Maankäyttöluokan maankäyttömuotojen muodostamisessa oli kolme periaatetta:

1. Hulevesiin vaikuttava ihmisen toiminta alueella. Ihmisen toiminta kuormittaa hulevesiä eri tavalla ja eri skaalassa riippuen alueen käyttötarkoituksesta. Esimerkiksi Kuntaliiton (2012) mukaan teollinen toiminta eroaa olennaisesti asuinalueista kuormitukseltaan ja haitta-aineiltaan sekä haittatekijöiltään.
2. Hulevesien kannalta merkittävä rakentamaton alue, joissa ei synny merkittävässä määrin hulevettä. Näitä ovat esimerkiksi rakentamattomat metsä- ja maatalousalueet sekä avoimet viheralueet. Alueet ovat kuitenkin merkittäviä, koska ne voivat toimia tilaa vaativien hulevesirakenteiden sijoituspaikkoina. Vaikka hulevesikuormitus ei ole suurta, on maa- ja metsätalousalueiden hajakuormitus merkittävä tekijä vesistöjen kuormituksessa (MTK, 2020; MTK, 2021).
3. Omistussuhteiden ja ihmistoiminnan asettamat rajoitteet hulevesiratkaisuille. Ihmistoiminta luo alueittain toisistaan poikkeavia ympäristöjä. Esimerkiksi keskusta- ja teollisuusalueilla on laajoja läpäisemättömiä pintoja, kuten teitä ja pysäköintialueita. Hulevedet ohjataan usein suoraan katoilta ja läpäisemättömiltä pinnoilta suoraan maan alle hulevesi- tai sekaviemäriin. Omakotitaloalueilla on usein enemmän läpäiseviä pintoja, kuten nurmialueita sekä piha- ja puutarha-alueita.

Näiden kolmen tekijän lisäksi pyrittiin huomioimaan pilottipaikkakuntien erikoistarpeet. Maankäyttöluokittelu ei voi kuvata maailmaa absoluuttisen tarkasti, vaan luokittelua on karkeistettava sidosryhmien resurssien ja lähtöaineistojen ehdoilla. Tästä syystä maankäyttöluokassa ei muodosteta täysin homogeenisiä kohteita. Maankäyttömuodon sisällä vettä läpäisevän pinnan määrä ja ihmistoiminnan intensiteetti sekä skaala saattavat vaihdella. Esimerkiksi teollisuusalueita ei ole WSSP:ssä eritelty raskaaksi tai kevyeksi teollisuudeksi, eikä

asuinalueita ei ole luokiteltu tonttikoon tai käytetyn rakennusoikeuden mukaan omiksi maankäyttömuodoikseen.

Myös aikaisempien Suomalaisten hulevesitutkimusten (Peltola-Thies 2005; Kuusisto 2003) maankäyttöluokittelut auttoivat hahmottelemaan maankäyttömuotoja. Hulevesiopas (Kuntaliitto 2012) ei systemaattisesti erottele maankäyttöä erotettaviksi luokiksi. WSSP:ssä maankäyttöluokan maankäyttömuotoihin kiinnitetään vain ihmistoiminta ja sen aiheuttama riski. Datan selkeyttämisen ja helppokäyttöisyyden takia maankäytön kohteen minimikooksi asetettiin 0,5 hehtaaria. Tällä yksikkökoolla pyrittiin korjaamaan alueiden sirpaleisuutta ja helpottamaan digitointia. Kohteiden kapeutta ei huomioitu pilotoinnissa, joten hyvin kapeat ja pitkät muodot ovat mahdollisia.

Pilotoinnissa haluttiin luoda aineisto, joka huomioi nykytilan lisäksi muutosalueet. Tällaista aineistoa ei ole valmiina, vaan sen luomiseksi on käytettävä apuna kunnallisen yleiskaavan antamaa tietoa. Yleiskaava kuvaa nykytilan lisäksi sitä miksi ympäristö halutaan muuttaa. Yleiskaavalle pohdittiin vaihtoehtoja hankkeen aikana. HAMKin vesitekniikan moduulissa syksyllä 2021 hyödynnettiin Corine maanpeite 2018-aineistoa maankäyttöluokittelun pohjana. Kansallinen Corine on 20 metrin hilakoon omaava rasteriaineisto, jossa pienin kuvio on 0,5 HA ja hilakoko 20 metriä (Ymparisto.fi n.d). Aineistossa käytetyn resoluution vuoksi siitä katoaa rakennuksia, rakenteita ja pienempiä teitä, joten aineiston todettiin olevan liian epätarkka WSSP:hen.

Maankäyttöluokittelun työkaluksi kokeiltiin myös Semi-automatic-classification kaukokartoitustyökalua QGIS 3.16 versiossa. Tämän liitännäisen avulla voidaan toteuttaa avoimesti ja ilmaiseksi puolivalvottua kaukokartoitusluokittelua. Maankäyttöluokittelun luomiseksi tarvitaan pilvetön satelliittikuva, josta määritellään valon aaltopituuden mukaan luokat käyttäjän asettamilla parametreilla. Tarvittava satelliittikuva voidaan ladata liitännäisen kautta. (Congedo 2021.) Menetelmä todettiin kuitenkin liian raskaaksi tavaksi tuottaa aineistoa.

Pilotoinnissa kokeiltiin myös yleiseurooppalaista EEA:n tuottamaa Urban Atlas 2018 ainestoa, joka on kaupunkialueiden maankäyttöä kuvaava vektorialueaineisto. Aineisto on tuotettu kaukokartoitusta ja väestötiheyttä hyödyntäen. Urban Atlas -aineiston etuna on tarkkuus ja

käytettävyys, mutta aineisto kattaa nykyisellään ainoastaan vain osan Suomea. Pilottipaikkakunnista ainoastaan Pirkkala oli aineiston kattamaa. (EEA n.d-b.)

Kaikille yleiskaavan vaihtoehdoille yhteistä on se, ettei niistä voida johtaa muutosalueita. Pilotoinnissa ei vertailtu Corinen, Urban Atlaksen tai kaukokartoituksen avulla tuotettua maankäyttöluokittelua yleiskaavasta tuotettuun maankäyttöön. Corinen osittaista hyödyntämistä voitaisiin harkita esimerkiksi siinä tapauksessa, kun yleiskaava ei kata valuma-aluetta. Yleiskaavaa ei kuitenkaan kokonaan voida kokonaan hylätä, mikäli aineistosta halutaan löytää muutosalueet.

Jokaisesta pilottikunnasta saatu kaavan tekninen piirustus oli erityyppinen ja erilaatuinen. Tiedostomuodot, ominaisuustiedot ja geometrian muodot vaihtelivat kunnittain, kuten myös tarkkuus. Tämä johtunee toisistaan poikkeavista työtavoista ja käytetyistä ohjelmistoista. Jokaisen pilottikunnan lähtöaineisto tuotti omanlaisia haasteitaan. Koska erilaisia lähtöaineistoja on todennäköisesti yhtä monta kuin on kuntaakin, ei jokaista yleiskaavan tuottamaa ongelmatilannetta voitu ratkaista pilotoinnissa.

Paras mahdollinen lähtötilanne WSSP:ssä saavutetaan, kun yleiskaava on yhtenäinen jatkuva monikulmio, jossa jokaisella kohteella on kaavan käyttötarkoitusta vastaava yksilöitävä tunniste ominaisuustietona. Kaavan käyttötarkoituserkintää vastaavan kirjainlyhenteen havaittiin olevan parhaiten ymmärrettävä ominaisuustieto ja WSSP-ohjeistus tukeutuu osittain siihen, että kohteilla on kirjainlyhenne. Kaavan käyttötarkoitusta vastaava tieto ei osoittautunut täydelliseksi WSSP:n maankäyttö- ja muutosalueiden määrittämisessä. Osa kaavan osoittamista käyttötarkoituksista ei sovi yhteen WSSP-maankäyttöluokan maankäyttömuotojen kanssa. Näitä ovat esimerkiksi kaavan M (Maa- ja metsätalousvaltainen alue) ja V (Virkistysalueet). Maa- ja metsätalouden alueet voivat kuulua joko WSSP:n maatalousalueet tai metsäalueet maankäyttömuotoon. Samoin virkistysalueet voivat olla WSSP:n maankäyttömuodoissa joko metsäalueita tai avoimia viheralueita.

Pilottipaikkakunnilta saaduissa monikulmiomuotoisista yleiskaavoista löytyi topografiavirheitä, esimerkiksi geometrian hukkapaloja, limittäisyyksiä ja reikiä. Limittäisyys edustaa aineistossa virheellistä dataa ja haittaa erityisesti muutosalueiden määrittämisessä. Reiät

kuvaavat puuttuvaa aineistoa. Hukkapalat vaikuttavat tulokseen, kun kohteita liitetään toisiinsa yhteisen jaetun rajan perusteella. Chang (2016) mukaan nämä virheet ovat hyvin tyypillisiä ja endeemisiä digitointiprosessille. Pilotoinnissa pyrittiin korjaamaan kaikki topografiset virheet mahdollisimman automaattisesti, mutta prosessia ei saatu toimimaan täysin tyydyttävästi. Topografinen korjaus vaatiikin käyttäjältä paljon työaikaa.

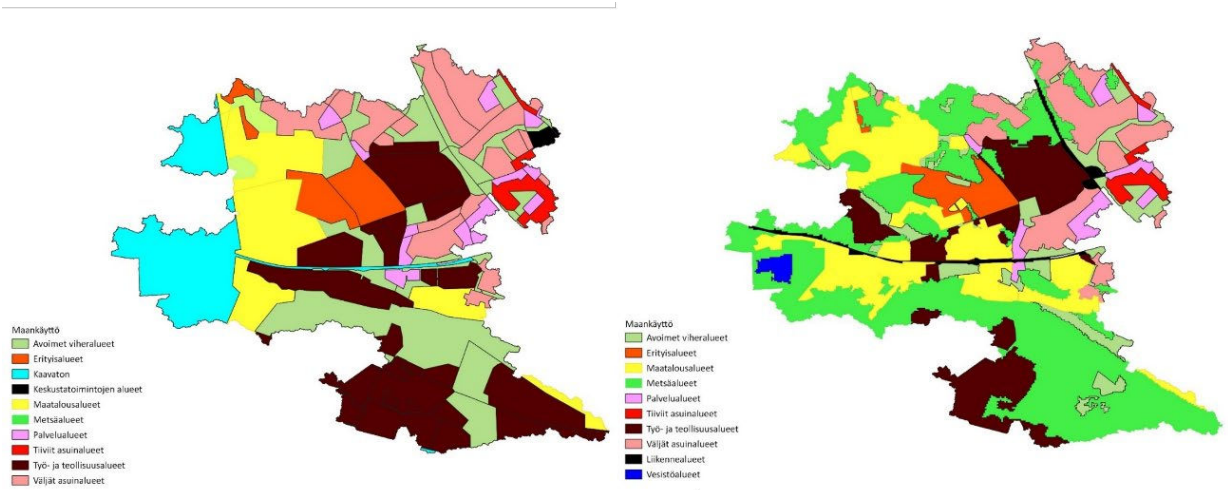
GRASS v.clean -työkalua ei saatu toimimaan johdonmukaisesti QGIS-käyttöliittymästä käsin. Työkalu antoi eriäviä tuloksia käytettäessä GRASS GIS -ohjelmiston kautta. Työkalu on tarkoitettu topografian automaattiseen korjaukseen, mikä helpottaa topografiavirheiden korjaamista (GRASS Development Team n.d.-c). Geometry checker -ja Topology Checker -liitännäiset esittivät toisistaan eriäviä topologisia tuloksia. Geometry checker on liitännäinen, jonka avulla voidaan tarkistaa vektoritason validiteettia ja korjata geometrisia virheitä sekä paikantaa virheiden sijainteja (Qgis.org n.d-c). Topology checker -liitännäinen osoittaa käyttäjän asettamalla parametreille virheiden sijainnit (Qgis.org, n.d-d). Geometry checker ei pilotoinnissa kyennyt korjaamaan kaikkia pilottikuntien aineistoja täysin tyydyttävällä tavalla.

Maankäyttöluokitellusta ja topografisesti ehjästä aineistosta saadaan nykytilaa kuvaava kokonaisuus yhdistämällä siihen täydentäviä vektoriaineistoja. Pilotoinnissa nykytila muodostettiin täydentämällä yleiskaavaa MML:n maastotietokannan kohteilla. Maastotietokannasta valittiin ne kohteet, joista pystyttiin muodostamaan maankäyttöluokan maankäyttömuotoja. Täysin WSSP:hen sopivaa metsiä kuvaavaa vektoriaineistoa ei löydetty pilotoinnin aikana. Pilotoinnissa metsät muodostettiin Luonnonvarakeskuksen Puuston keskipituus (dm) ja Puuston latvuspeittävyys, koko puusto (%) -rasteriaineistojen avulla. (LUKE 2019a; LUKE 2019b) Metsäksi määriteltiin FAO:ta (2020) mukailleen 0,5 HA yhtenäiset, yli 10 % latvuspeitteisyyden ja 5 metrin korkuiset alueet. Pilotoinnissa poikettiin FAO:n (2020) 20 metrin leveysvaatimuksesta, mikä johtui LUKE:n lähtörasteriaineiston resoluutiosta, joka on 16 metriä.

Täydentävät aineistot lisättiin WSSP:ssä yleiskaavaan hierarkkisessa järjestyksessä. Pilotoinnissa tarkin aineisto oletettiin olevan maastotietokanta, sitten luotudut metsävektorit ja viimeisenä yleiskaava. Maankäyttövektori viimeisteltiin digitoimalla sitä ilmakuvan avulla, mutta WSSP:ssä voidaan myös hyväksyä epätarkkuus ilman digitointia. Digitoinnin laajuus on kiinni

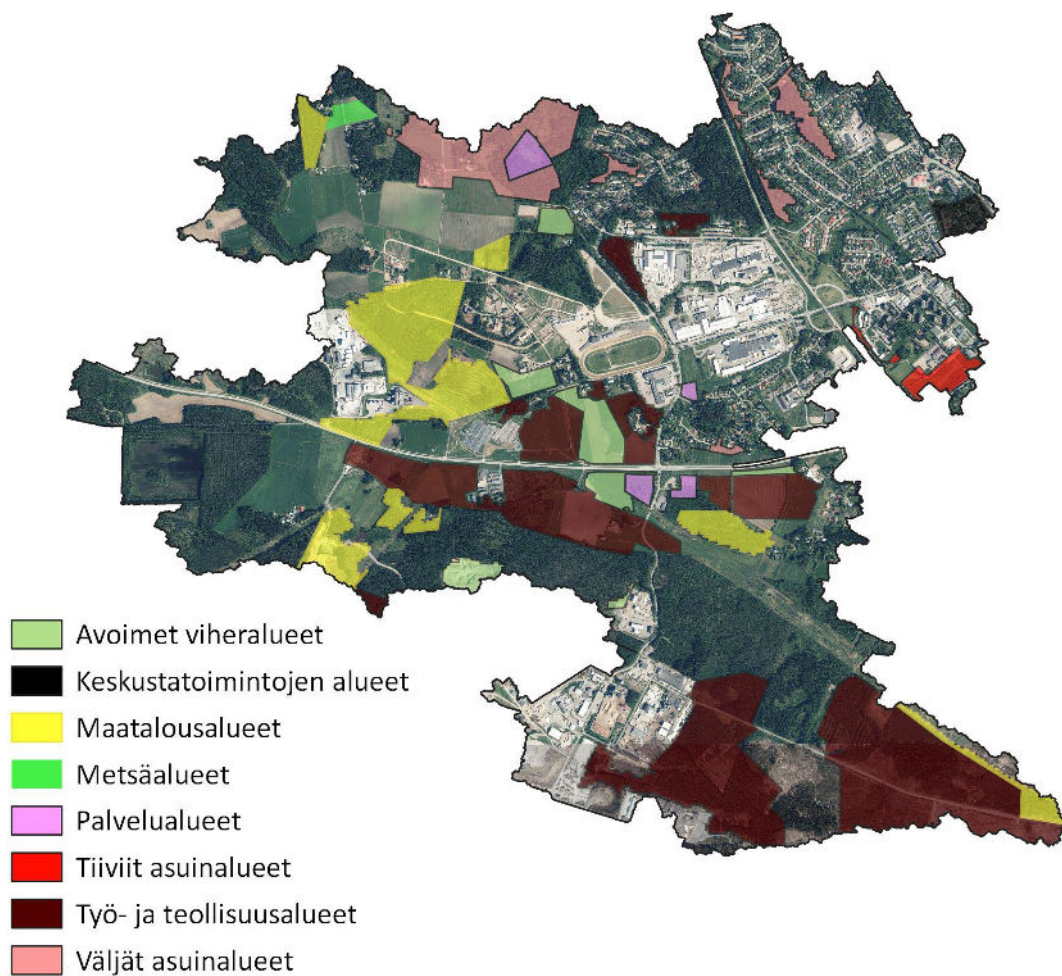


WSSP:n käyttäjän tarpeista. Ilmakuva, paikallistuntemus ja digitointi kuitenkin tarkentavat lopputulosta. Kuvassa 38 on esitetty yleiskaavasta maankäyttöluokiteltu ja tästä täydentävillä aineistoilla johdettu nykytilaa kuvaava maankäyttövektori.



**Kuva 38** Korjaamaton ja korjattu maankäyttöluokittelu. Vasemmalla yleiskaavasta johdettu WSSP:n mukainen maankäyttö. Oikealla nykytilaa edustava WSSP:n maankäyttö.

Muutosalueet määritetään vertaamalla keskenään maankäytön mukaan luokiteltua täydentämätöntä yleiskaavaa ja nykytilaa kuvaavaa maankäyttöaineistoa. Luotujen paikkatietoaineistojen väliltä määritetään leikkaavat kohteet ja vertaamalla leikkaavien kohteiden ominaisuustietoja, voidaan määrittää muutosalueet. Muutosalueiden määrittäminen on yhtä tarkka kuin lähtöaineisto. Yleiskaavan puutteet tai vanhentuneen yleiskaavan käyttäminen tulee esiin muutosalueiden virheinä. Muutosalueiden määrittämisessä korostuu myös paikallistuntemus, sillä kaavattomille alueille ei voida osoittaa muutosalueita. Kuvassa 39 on esitetty Kuhalanojan muutosalueet, jossa maankäyttömuodot kuvaavat sitä miksi alue voi muuttua.



**Kuva 39** Muutosalueet Kuhlanojan pilottialueella. Maankäyttöluokat kuvaavat muutosta ilmakuvaa vasten.

Valitusta lähtöaineistosta johtuen hulevesien maankäytön ja muutosalueiden määrittäminen oli WSSP:ssä työlästä ja osittain haastavaa. Ohjeista ei saatu niin suoraviivaisia tai automatisoituja kuin olisi ollut toivottavaa, sillä lähtöaineistona olleiden yleiskaavojen pienet erot ja standardisoinnin puute vaikuttivat tuloksiin sekä oli osittain esteenä prosessin automatisoinnille. Tästä syystä moduuli sisältää useita monimutkaisia prosesseja ja on altis inhimillisille virheille. Moduulin nopeuttamiseksi ja automatisoinnin mahdollistamiseksi lähtöaineiston tulisi WSSP:n seuraavissa kehitysvaiheissa olla paremmin standardisoitua tai lähtöaineistoksi tulisi

valita jokin muu aineisto, kuin yleiskaava. Moduulin suorittamiseen arvioidaan menevän aikaa lähtöaineiston ja tarkasteltavan alueen koosta riippuen noin 8–12 h.

### 6.3 Biofyysiset riskitekijät

Riskien tunteminen ja sijoittaminen kartalle ovat olennainen osa hulevesien turvallisuuspohjaista hallintaa. Pilotoinnissa riskiksi laskettiin tekijä, joka vaikuttaa negatiivisella tavalla Kuntaliiton (2012) määrittämiin hulevesien hallinnan tavoitteisiin. Pilottipaikkakunnissa riskit laskettiin kuudelle tekijälle:

- (NVDI) kasvillisuuden puutteen aiheuttama riski
- etäisyyden valuntaverkkoon aiheuttama riski
- läpäisemättömyyden aiheuttama riski
- maaperän hydrologisen johtavuuden tuottama riski
- kaltevuuden tuottama riski
- ihmistoiminnan aiheuttama riski

Lisäksi pilotoinnissa kokeiltiin tulvamallinnusta ja arvioitiin happamien sulfaattimaiden sekä pohjavesien riskejä. Kaikki pilotoidut riskit on kuvailtu yksityiskohtaisesti ja perusteltu arvioineen liitteessä 6.

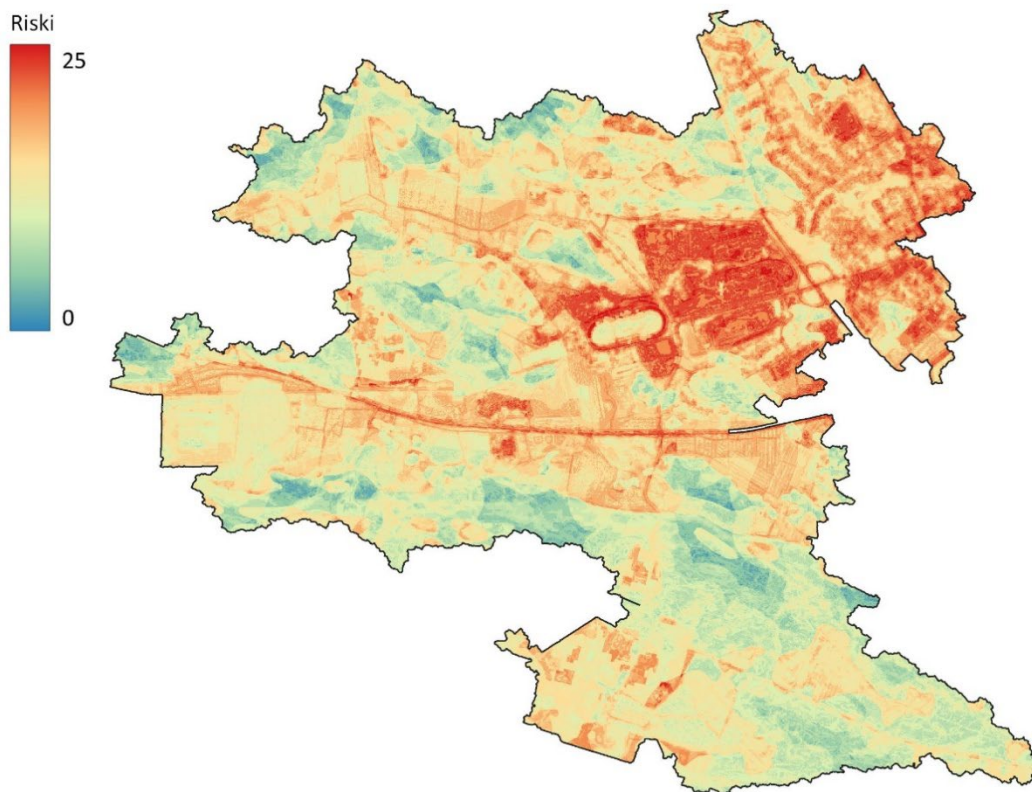
Pilotoitavien riskien valinnassa huomioitiin lähtöaineistojen saavutettavuus, käytettävyys ja pilottipaikkakuntien edut. Työpajoissa nousi esille joitakin kuntakohtaisia erityistarpeita, kuten arseenimaat ja ympäristötoimen valvontakohteet. Lisäksi riskiluokituksessa toivottiin saatavan paremmin esille kunnossapidon arvoja. Pilotoinnissa ei pystytty huomioimaan kaikkia kuntakohtaisia erityistoiveita tai ominaisuuksia. WSSP-riskimoduuli on kuitenkin rakennettu siten, että siihen on mahdollista lisätä uusia riskejä. Riskikartoitus tuleekin sovittaa jokaisen kunnan erityistarpeiden mukaiseksi ja huomioida tarpeen mukaan esimerkiksi esteettiset, kulttuuriset tai maisemalliset arvot, joita pilotoinnissa ei huomioitu.

WSSP laskee riskit rastereiksi 2 metrin hiloille hyödyntäen kansallista karttalehtijakoa ja -koordinaattijärjestelmää. Hilakoon arvioitiin olevan riittävän tarkka kuvaamaan riskiä, mutta ei

liian raskas käsiteltäväksi kuntatasolla. Käyttämällä kansallista koordinaatistoa ja - karttalehti-jakoa säästytään enimmiltä rasterin muunnoksilta, sillä hilakoon ja koordinaatiston muuntaminen voi johtaa epätarkkuuksiin (GISgeography 2022b). Pilotoinnissa riskien aineistot ovat kansallisia, ja kansallisessa koordinaattijärjestelmässä, lukuun ottamatta ihmistoiminnan sekä läpäisemättömyyden pohja-aineistoja.

WSSP:ssä riskin merkittävyyttä kuvataan arvolla 0–5. Riskiarvot ovat lainattu aiemmista hulevesitutkimuksia tai ne ovat suoria uudelleenskaalauksia erilaisista arvoista asteikoille 0–5. HULVATTU-hankkeessa tehtiin ihmistoiminnan aiheuttama maankäyttömuotoihin riskin merkittävyyden arviointi, sillä tarvittavaa lähtöaineistoa ei ollut tarjolla. Riskiä kuvaava arvo ei ole eksakti totuus, vaan enemmänkin sumea arvo, jonka käyttäjä itse on määritellyt itse luoduilla standardeilla. WSSP:n käyttäjän on tiedostettava menetelmien ja lähtöaineistojen puutteet sekä tarkasteltava tulosta kriittisesti. Myös paikallistuntemus on tärkeää riskikarttaa tarkasteltaessa.

Kaikki riskit voidaan laskea lopuksi yhteen, jonka tuloksena saadaan muodostettua yhteinen riskikartta. Tällä ei voida ennustaa kuinka todennäköinen jokin tietty riski on, vaan kuinka merkittävä yhteenlaskettu riski on alueella. Riskikartan avulla voidaan tunnistaa ne alueet, jossa riskiä esiintyy, mikä auttaa kohdentamaan hulevesiratkaisuja kyseiselle alueelle. Kuvassa 40 on esitettyä yhteenlasketut riskit Kuhalanojan pilottialueelle.



**Kuva 40** Kuhlanojan pilottialueen hulevesiin kohdistuva yhteenlaskettu riski. Siniseksi värityneillä alueilla riski on pieni ja punaisilla alueilla suuri.

Tulvariski on erittäin olennainen osa hulevesien hallintaa. Pilotoinnissa kokeiltiin tulvasimulointia GRASS r.sim.water -työkalun avulla. R.sim.water on simulaatiomalli, joka huomioi alueellisesti vaihtelevan maaston, sademäärän ja päällysteen sekä maaperän. Työkalulla tuotetaan tietoa sadetapahtuman aikana syntyvästä veden virtaamasta ja veden syvyydestä, halutulla aikavälillä sekä parametreilla. (GRASS Development Team, n.d-d.) Kyseistä tulvasimulointityökalua on käytetty Norjassa vuosina 2020–21 mallintamaan hulevesitulvia (Li ym., 2020; Virtue 2021).

R.sim.water vaatii toimiakseen korkeusmallin sekä sen täyttämisen (Harmon n.d). Mallinnus toimii myös ilman täyttöä, mutta pilotoinnissa havaittiin, ettei täyttämätön korkeusmalli anna

loogisia tuloksia. Pilotoinnissa polttotason avulla poltettu korkeusmalli täytettiin GRASS GIS r.fill.dir työkalun avulla.

Tulvasimulointityökaluun tarvittava sadannan määrä hankittiin Suomen mitoitusasteiden muotokirjastosta (Ilmasto-opas.fi 2017). Kerran 100 vuodessa toistuva 60 minuutin sadetapahtuma simuloitiin Kuhalanojan pilottialueella useita kertoja eri parametreillä. Pilotoinnissa hyödynnettiin maantieteellisesti lähintä saatavilla olevaa sadetapahtumaa.

Maaperän vedenjohtavuus ilmoitetaan työkalulle kiinteänä arvona tai rasteritasona, jossa hilan arvot edustavat infiltraatiota millimetreinä tunnissa. R.sim.water ei kykene huomiomaan maaperän saturaatiota sadetapahtuman edetessä. (GRASS Development Team, n.d-d.) Maaperän vedenjohtavuutta kokeiltiin simuloida luomalla rasteritaso, pohjaten Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) maaperäpaikkatietoaineistoihin (GTK n.d). GTK:n (n.d) maalajeille annettiin FAO:n (n.d) määrittämät vedenjohtavuusarvot, minkä jälkeen vektoriaineisto rasteroitiin arvojen mukaisesti. Luodun rasteritason kertoimena käytettiin EEA:n läpäisemättömyys-rasteria, pintojen veden läpäisemättömyystietojen mallintamiseksi. Saturaation mallintamisen puutteen ja lähtöaineistojen epätarkkuuksien takia luotu vedenjohtavuusrasteri osoittautui pilotoinnissa liian epätarkaksi.

Työkalu vaatii myös Manningin kitkakertoimen standardiarvona tai rasteritasona (GRASS Development Team, n.d-d). Standardiarvon sijaan pilotoinnissa luotiin rasteritaso, jossa pohjaaineistona ja kitkakertoimina hyödynnettiin kansallista Corinea ja Papaioannou ym. (2018) tutkimuksessa käytettyjä kitkakertoimia. Corine luokiteltiin Papaioannou ym. (2018, s 11) mukaisesti uusiksi. Rasterin tuottaminen ja käyttöönotto onnistui mutkattomasti, lukuun ottamatta muutamia maankäyttöaineiston luokkaeroja Papaioannou ym. (2018 s 11) ja kansallisen Corinen välillä. Ulkopuolelle jääneiden Corine-luokkien kitkakertoimet otettiin lähimmästä vastaavasta Corine-luokasta.

R.sim.water:ssa voidaan myös simuloida veden kulkua hidastavia rakenteita estetason avulla (GRASS Development Team, n.d-d). Rasterimuotoinen estetaso luotiin digitoimalla veden kulun kannalta merkittäviä esteitä, jotka pilotoinnissa olivat putket, sillat, rummut ja padot. Lisäksi maastotietokannan mukaiset rakennukset poltettiin malliin. Estetasolle annettavia

arvoja työkalun vaatimia arvoja asteikolle 0–1 ei löydetty kirjallisuudesta, joten pilotoinnissa arvot osoitettiin kohteille seuraavasti:

- putki 0,5
- rumpu 0,5
- pato 0,5
- rakennus 1
- pato 1.

R.sim.water todettiin pilotoinnissa käyttötarkoitukseen soveltumattomaksi, mikä johtui QGIS:n 3.22 versiossa olevista ohjelmointivirheistä. Aikamallinnuksen toimimattomuus nosti laskenta-ajan tunnin mittaisella sadetapahtumalla tyyppillistä pidemmäksi. QGIS 3.22 käyttöliittymästä käsin r.sim.water vaatii rasteritasojen luontia, jotka voisi normaalisti esittää kiinteänä arvona tai jättää kokonaan pois. (Github n.d-b; Github n.d-c.) Työkalun huomattiin toimivan moitteetta GRASS GIS sovelluksen kautta ja laskenta-ajan olevan normaali. Tästä syystä toisen paikkatieto-ohjelmiston käyttöönotto ei ole toivottavaa. Jotta työkalu tuottaisi parhaan mahdollisen tuloksen, tulee luoda estetaso ja kitkatasot sekä hakea mitoitusasteen arvo. Näiden tasojen luominen on pitkäkö prosessi ja lisäksi estetason vaatimat arvot tulisi osoittaa perustellusti. Pilotoinnissa tulvasimuloinnin prosessia ei saatu toimimaan tarpeeksi tyydyttävällä tavalla, joten tulvasimulaatiota ja tulvakarttojen luomista ei otettu osaksi WSSP:tä. On kuitenkin suositeltavaa, että tulvariskitiedot hankitaan muuta kautta.

Riskikartoituksen avulla saadaan alustava käsitys siitä, missä suurin alueellinen riski sijaitsee. Riskikartan yhdistäminen maankäyttöön, muutosalueisiin ja valuma-alueisiin helpottaa huleveden resurssitehokasta hallintaa. WSSP-riskimoduuli on nopeahko toteuttaa. Riskien laskeminen viimeisenä WSSP-moduulina nojaa osin aikaisempien moduulien tuloksiin, mutta soveltamalla ohjeita voidaan lähes koko riskimoduuli toteuttaa ilman aiempia moduuleita. Riskikartoitukseen on myös mahdollista ottaa lisää riskitekijöitä kunnan erityispiirteiden mukaisesti tai riskitekijöistä voidaan toteuttaa vain osittain.

## 6.4 Ihmisen toiminnan aiheuttamat riskit

Kaupunkialueella ihmisen toiminta tuottaa erityistä ja osin ennakoimatonta riskiä. WSSP-riskiyökaluun ihmistoiminnan riski on rakennettu maankäyttöluokittain. Lähtökohtana oli luoda maankäyttöluokittelu hulevesien hallintamahdollisuuksien näkökulmasta sekä tunnistaa ihmisille tyypillisiä toimintatapoja laaditussa luokittelussa. Ihmistoiminnalla tarkoitetaan asukkaiden ja maanomistajien toimien lisäksi myös esimerkiksi päätöksentekoketjuja sekä päätöksentekijöiden lukumäärää alueella.

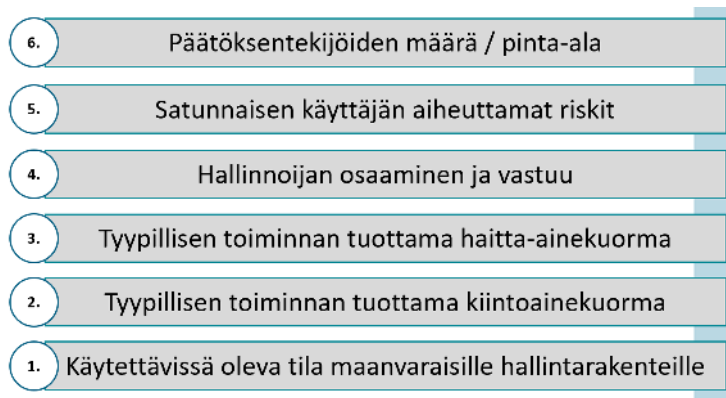
Ihmistoiminnan aiheuttamat riskit hulevesien laatuun voivat tapahtua missä tahansa kaupunkivaluma-alueen osalla. Ison ja kertaluonteisen riskin toteutuminen, esimerkiksi haitallista ainetta sisältävän säiliöauton rikkoutuminen tai loka-auton tyhjennys sadevesiverkkoon, voivat olla vastaanottavalle vesistölle äärettömän hankalia tapahtumia. WSSP:n ihmistoiminnan riski kuitenkin keskittyy jatkuvaan ja maankäyttöluokalle tyypilliseen toimintaan ja sen riskin arviointiin. Tavoitteena on tämänkin riskin osalta kohdentaa arviointi hajakuormitukseen yksittäisten pisteiden sijasta.

Käytettävissä oleva tila erityisesti maanvaraisille huleveden hallintarakenteille on kriteeri, joka käytännössä sijoittuu biofyysisten tekijöiden jatkoksi, mutta jota käytetään ihmistoiminnan riskitekijöissä korostamaan maankäyttöluokkien merkitystä. Umpinaiset säiliöt ja kattovihreä toimivat osana huleveden hallintaa, mutta painotus maanvaraiseen huleveden hallintaan pyrkii tukemaan hydrologista kiertoa ja pohjaveden korkeuden säilyttämistä. Esimerkkinä maankäyttöluokkien eroavaisuudesta on työpaikka- ja teollisuusalueiden kapeat ja nauhamaiset istutusalueet laajojen asfaltti- tai kattopintojen välissä ja toisaalta pientaloalueiden korttelirakenteen keskelle syntyvät laajat kasvillisuusalueet, mikäli rakentaminen sijoittuu ensisijaisesti tonttien etuosiin. Huleveden imeyttäminen kapeaan nauhamaiseen alueeseen vaatii huolellista suunnittelua, jottei imeytyvä vesi kulkeudu ympäröivän tasopinnan perustuksiin tai salaojiin.

Tyypillisen toiminnan tuottama haitta-aine ja kiintoainekuorma on WSSP:n ihmistoiminnan riskeissä käsitelty erillisinä tekijöinä (kuva 41). Haitta-aineriski kuvaa hyvin yleisellä tasolla ravinteiden, metallien ja bakteerien muodostamaa kokonaisriskiä, joka on hyvin erilainen



metsäisiltä alueilta, teollisuusalueilta ja asuinalueilta muodostuvassa hulevedessä. Kiintoainesta kulkeutuu huleveden mukana eniten maanrakennustöistä, jotka voivat vaihtelevasti sijoittua mihin tahansa maankäyttöluokkaan. Kuitenkin kiintoainesta kertyy eniten läpäisemättömiltä pinnoilta hiekoituksesta ja asfaltin kulumisesta syntyvänä katupölykuormana, joten kiintoainekuorman on ajateltu olevan korkeimmillaan niissä maankäyttöluokissa, joissa on suhteessa eniten vettä läpäisemättömiä pintoja. Toki myös tiettyihin maankäyttöluokkiin, kuten maanviljely tai pientaloalueiden kasvimaat, sisältyy toiminnan kautta jatkuvaa maan muokkausta tai avointa mullospintaa.



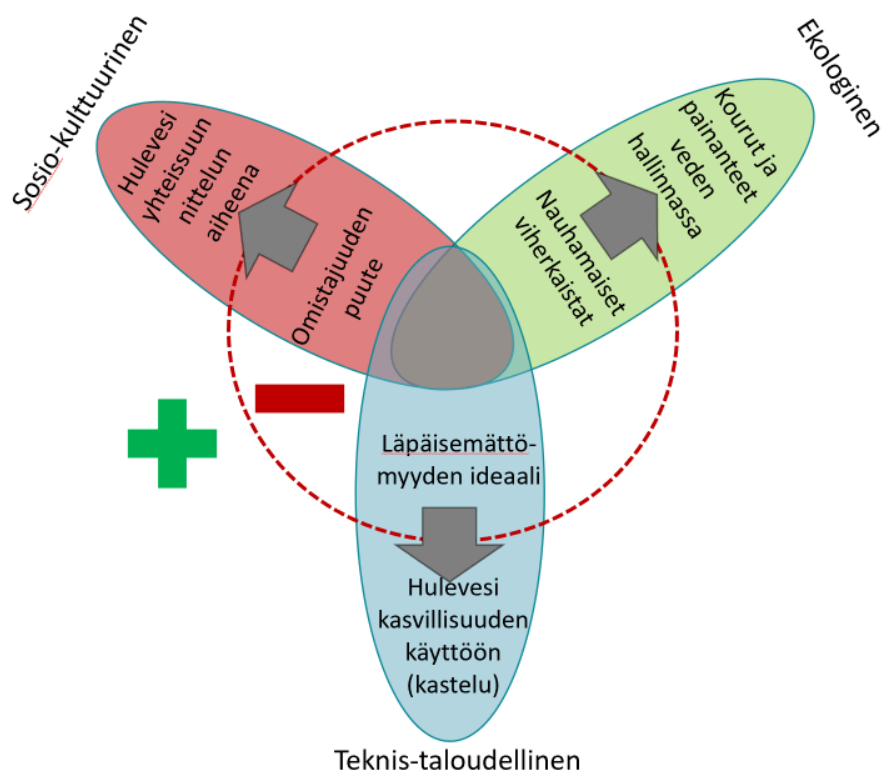
**Kuva 41** WSSP:ssä on ihmistoiminnan riskin määrittelyssä käytetty kuuden tekijän keskiarvoa, jotka on esitetty kuvassa hierarkkisesti järjestettyinä.

Ihmistoiminnan riskeihin kuuluu myös päätöksentekijän osaaminen ja vastuu. Eri maankäyttöluokissa päätöksiä tekevät sekä asiantuntijat ja virkamiehet että yksittäiset harrastajat. Metsiin, peltoihin ja puistoihin liittyvä päätöksenteko tehdään asiantuntijatyönä, mutta palvelualueilla ja pientaloalueilla hulevesiin liittyvät päätökset saatetaan tehdä ymmärtämättä toimien vaikutuksesta hulevesien laatuun. Esimerkiksi päiväkotipihaan tai senioritalon viljelyprojektin ravinteiden huuhtoutuminen tuottaa erilaisen riskin kuin julkisen puiston maanäytteesiin perustuva harkinnan varainen lannoittaminen.

Koko kaupunkivaluma-alueella ja sen eri maankäyttöluokissa syntyvän riskin kannalta on oleellista, kuinka monta päättäjää ylimalkaan alueella on. Pientaloalueella yksi

päätöksentekijä hallinnoi suhteellisen pientä aluetta, joten hänen päätöksellään ei ole suurta vaikutusta koko alueen huleveden laatuun. Sen sijaan, jos yksi päätöksentekijä vastaa isosta alueesta, voi riski muodostua merkittäväksi esimerkiksi laajoja läpäisemättömiä pintoja käsittävällä keskusta- tai teollisuusalueella. Osa laajojen alueiden yksittäisistä päätöksentekijöistä on asiantuntijapäittäjiä, kuten katu- ja puisto-osastojen virkamiehiä, maanviljelijöitä tai metsätalallisia, mutta myös näissä tapauksissa yksittäisen päätöksentekijän valinnoilla on laajat vaikutukset koko maankäyttöluokan ominaisuuksiin ja siten huleveden laatutekijöihin.

Satunnaisen käyttäjän aiheuttama riski eri maankäyttöluokissa perustuu kunkin maankäyttöluokan tyypilliseen toimintaan (kuva 42). Esimerkiksi työpaikka- tai teollisuusalueella materiaalien isot volyymit nostavat riskiä, mikäli satunnainen tavaratoimitus tehdään väärään paikkaan ja siten aiheutetaan vaikkapa kiintoaineksen huuhtoutumista suoraan sadevesijärjestelmään.



**Kuva 42** Tiiviin asuinalueen eli kerrostaloalueen ihmistoiminnan hulevesille aiheuttamat riskit on esitetty kuvion keskellä. Osa riskeistä on hyvällä suunnittelulla ja asukkaiden osallistamisella kuitenkin muutettavissa mahdollisuuksiksi.

Maankäyttöluokkakohtaisen riskin tunnistaminen voi olla myös hyvä mahdollisuus määrittellä toteutus suunnittelun lähtökohtia ja kääntää sitä kautta riski alueen vahvuudeksi. Suunnittelutyön luonteeseen kuuluu eri tekijöiden välillä tasapainoilu kulloinkin määritellyn tavoitteen osalta. Ihmisen toiminta käsittää suunnittelutyön lisäksi varsinaisen käyttövaiheen, jossa yksittäiset asukkaat muokkaavat ympäristöään. Riskistä vahvuudeksi –ajattelussa pääosan asukkaista ja alueiden käyttäjistä oletetaan olevan kykeneviä toimimaan ympäristön parhaaksi. Sopiva ympäristö tai käyttäjälähtöiset interventiot voivat houkuttaa merkittävän osan käyttäjistä toimimaan huleveden hallinnan kannalta tarkoituksenmukaisesti. Kaikkia maankäyttöluokan toimijoita ei välttämättä tarvita mukaan uusimuotoiseen toimintaan, joillain valuma-alueen osilla riittänee joidenkin kymmenien prosenttien osallistuminen.

## Lähteet

Chang, K. 2016. Introduction to Geographic Information Systems. University of Idaho.

Congedo, L. 2021. Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. Journal of Open Source Software, 6(64), 3172, <https://doi.org/10.21105/joss.03172>

EEA n.d.-a. Pan-European. <https://land.copernicus.eu/pan-european>

EEA n.d.-b. Urban atlas 2018. <https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas/urban-atlas-2018?tab=metadata>

ESRI n.d. How Flow Direction works. <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/how-flowdirection-works.htm>

FAO 2020. Global Forest Resources Assessment 2020. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Rome.

FAO n.d. Infiltration rate and infiltration test. <https://www.fao.org/3/s8684e/s8684e0a.htm>

GISgeography 2022a. Flow Direction Calculates Water Direction Using Slope. <https://gisgeography.com/flow-direction/>

GISgeography 2022b. Raster Resampling for Discrete and Continuous Data. <https://gisgeography.com/raster-resampling/>

GISPO 2021. How big is the QGIS community <https://www.gispo.fi/en/blog/how-big-is-the-qgis-community/>

Github n.d.-a. Drop unmaintained saga provider from QGIS install <https://github.com/qgis/QGIS/pull/50834>

Github n.d.-b. r.sim.water parameters. <https://github.com/qgis/QGIS/issues/50568>

Github n.d.-c. updated parameters for r.sim.sediment. <https://github.com/qgis/QGIS/pull/50637>

GRASS Development Team n.d.-a. r.watershed. <https://grass.osgeo.org/grass82/manuals/r.watershed.html>

GRASS Development Team n.d.-b. r.water.outlet. <https://grass.osgeo.org/grass82/manuals/r.water.outlet.html>

GRASS Development Team n.d.-c. v.clean. <https://grass.osgeo.org/grass82/manuals/v.clean.html>

GRASS Development Team n.d.-d. r.sim.water. <https://grass.osgeo.org/grass82/manuals/r.sim.water.html>

GTK n.d. Maaperä 1:20 000/1:50 000. [https://tupa.gtk.fi/paikkatieto/meta/maapera\\_20\\_50k.html](https://tupa.gtk.fi/paikkatieto/meta/maapera_20_50k.html)

Harmon, B. n.d. Flooding in GRASS GIS A tutorial on flooding in GRASS GIS. <https://baharmon.github.io/flooding-in-grass>

Ilmasto-opas.fi 2017. Mitoitussateiden muotokirjasto. <https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/mitoitussateiden-muotokirjasto>

Kuntaliitto 2012. Hulevesiopas. <https://www.kuntaliitto.fi/julkaisut/2012/1481-hulevesiopas>

Kuusisto, P. 2002. Kaupunkirakentamisen vaikutus pieniin valuma-alueisiin ja vesistöihin Suomessa. HELSINGIN YLIOPISTON MAANTIETEEN LAITOKSEN JULKAISUJA B48. <https://docplayer.fi/16706646-Kaupunkirakentamisen-vaikutus-pieniin-valuma-alueisiin-ja-vesistoihin-suomessa.html>

Li, H., Gao, H., Zhou, Y., Xu, C-X., Ortega, R. & Sælthun, R. 2020. Usage of SIMWE model to model urban overland flood: a case study in Oslo. Hydrology Research. <https://doi.org/10.2166/nh.2020.068>

Lindsay, J. 2015. The practice of DEM stream burning revisited. Earth Surf. Process. Landforms 41, 658–668. <https://doi.org/10.1002/esp.3888>

Lindsay, J. 2012. Burn streams into DEM. <https://jblindsay.github.io/ghrg/Whitebox/Help/BurnStreams.html>

LUKE. 2019a Puuston keskipituus 2019(dm). <http://kartta.luke.fi/>

LUKE. 2019b. Puuston latvuspeittävyys, koko puusto 2019 (%) <http://kartta.luke.fi/>

MML n.d.-a. Paikkatietohakemisto. <https://www.paikkatietohakemisto.fi/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/home>

MML n.d.-b. Paikkatietoikkuna. <https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/>

MML n.d.-c. Korkeusmallit. <https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/teematietoa/korkeusmallit>

MML n.d.-d. Korkeusmalli 2 m. <https://www.maanmittauslaitos.fi/kartat-ja-paikkatieto/asiantuntevalle-kayttajalle/tuotekuvaukset/korkeusmalli-2-m>

MML n.d.-e. Laserkeilausaineisto 5 p. <https://www.maanmittauslaitos.fi/kartat-ja-paikkatieto/asiantuntevalle-kayttajalle/tuotekuvaukset/laser-scanning-data-5-p>

MML n.d.-f. Tilannekartta. <https://tilannekartta.maanmittauslaitos.fi/laserkeilaus>

Ollila, K. 2022. Pintavalunnan GIS-pohjainen mallintaminen – tapauksena topografialtaan tasainen metsäojitettu Jäälinjärven valuma-alue [Pro Gradu, Oulun yliopisto] <http://urn.fi/URN:NBN:fi:oulu-202209203429>

Papaioannou, G., Efstratiadis A., Vasiliades L., Loukas A., Papalexioiu, S-M., Koukouvinos, A., Tsoukalas, I. & Kosieris, P. 2018. An Operational Method for Flood Directive Implementation in Ungauged Urban Areas. *Hydrology* 2018, 5, 24. <https://doi.org/10.3390/hydrology5020024>

Peltola-Thies, J. 2005. Rakennetun ympäristön aiheuttama vesistökuormitus. <https://docplayer.fi/24437535-Rakennetun-ympariston-aiheuttama-vesistokuormitus.html>

Pidwirny, M. 2006. Fundamentals of Physical Geography. <http://www.physicalgeography.net/fundamentals/contents.html>

Qgis.org n.d.-a. Sustaining members and Donors. [https://qgis.org/fin/site/about/sustaining\\_members.html](https://qgis.org/fin/site/about/sustaining_members.html)

Qgis.org n.d.-b. LAsTools. <https://plugins.qgis.org/plugins/LAsTools/>

Qgis.org n.d.-c. Geometry checker. [https://docs.qgis.org/2.14/en/docs/user\\_manual/plugins/plugins\\_geometry\\_checker.html](https://docs.qgis.org/2.14/en/docs/user_manual/plugins/plugins_geometry_checker.html)

Qgis.org n.d.-d. Topology Checker. [https://docs.qgis.org/3.4/en/docs/user\\_manual/plugins/core\\_plugins/plugins\\_topology\\_checker.html](https://docs.qgis.org/3.4/en/docs/user_manual/plugins/core_plugins/plugins_topology_checker.html)

Rapidlasso n.d. Pricing. <https://rapidlasso.com/pricing/>

Raudaskoski, O. 2016. Hulevesien hallintavaihtoehtojen mallinnus tiiviissä taajamassa. Diplomityö, Aalto-yliopisto. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201603291566>

Strahler, A. 2013. Introducing Physical Geography. 6th edition. Wiley.

SYKE n.d. Paikkatietoaineistot. [https://www.syke.fi/fi-FI/Avoin\\_tieto/Paikkatietoaineistot](https://www.syke.fi/fi-FI/Avoin_tieto/Paikkatietoaineistot)

Traficom 2022. Dronea saa lennättää vain sallituilla alueilla. <https://traficom.fi/fi/ajankohtaista/dronea-saa-lennattaa-vain-sallituilla-alueilla>

Ymparisto.fi n.d. Corine maanpeite 2018. <https://ckan.ymparisto.fi/dataset/corine-maanpeite-2018>

Virtue J. 2021. Using the SIMulated Water Erosion (SIMWE) hydrological model to analyse potential flooding hotspots and the effects of Low Impact Developments (LIDs). A case study for the management of the Alna River catchment in Oslo, Norway.

### **Karttojen pohja-aineistot**

EEA. 2018. Imperviousness Density 2018. <https://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers/imperviousness/status-maps/imperviousness-density-2018>

Forssan kaupunki. n.d. Hulevesiverkosto.

Forssan kaupunki. n.d. Yleiskaavayhdistelmä.

GTK. 2019. Maaperä 1:20 000/1:50 000. <https://hakku.gtk.fi/fi/locations/search>

LUKE. 2019. Puuston keskipituus 2019(dm). <http://kartta.luke.fi/>

LUKE. 2019. Puuston latvuspeittävyys, koko puusto 2019 (%) <http://kartta.luke.fi/>

Metsäkeskus. 2020. Valuma-alueen määrittäytökalu. <https://metsakeskus.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=4ab572bdb631439d82f8aa8e0284f663>

MML. 2021–2022. Hallintorajat, teemakartoille, ei merialueita. <https://paituli.csc.fi/download.html>

MML. 2021–2023. Maastokartta (rasteri) [https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/tiedostopalvelu/maastokartta\\_rasteri](https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/tiedostopalvelu/maastokartta_rasteri)

MML. 2021–2023. Ortoilmakuva <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/tiedostopalvelu/ortoilmakuva>

MML. 2021–2023. Taustakartta (rasteri) [https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/tiedostopalvelu/taustakartta\\_rasteri](https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/tiedostopalvelu/taustakartta_rasteri)

MML. 2022. Kiinteistörekisterikartta (vektori) [https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/tiedostopalvelu/kiinteistorekisterikartta\\_vektori](https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/tiedostopalvelu/kiinteistorekisterikartta_vektori)

MML. 2022–2023. Korkeusmalli 2 m. <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/tiedostopalvelu/korkeusmalli>

MML. 2022–2023. Maastotietokanta. <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/tiedostopalvelu/maastotietokanta>

Pirkkalan Kunta. 2016. Osayleiskaava.

Pirkkalan kunta. 2022. Ympäristölupakohteet.

Pirkkalan Kunta. n.d. Hulevesiverkosto.

SYKE. 2021. NDVI:n maksimiarvo v.2021. <https://ckan.ymparisto.fi/dataset/ndvi-n-maksimiarvo-v-2021>

SYKE. 2022. Valuma-alueen rajaustyökalu. <https://paikkatieto.ymparisto.fi/value/>

## 7. Viestintä

**Kirjoittaja: Päivi Vartiainen**

Hankkeessa saadun tiedon välittäminen pyrittiin toteuttamaan tehokkaasti ja laajasti eri kohderyhmille. Heti hankkeen alussa viestinnän tarpeita ja sopivia käytänteitä pohdittiin ja viestintää varten laadittiin suunnitelma, jota noudatettiin koko hankkeen ajan. Suunnitelmassa määriteltiin ydinviestit, kohderyhmät, tarvittavat käytännön toimenpiteet ja viestinnän kanavat. Viestintäsuunnitelmaa päivitettiin hankkeen edetessä ja viestinnän tarpeiden täsmentyessä. Viestinnän pääasiallisia kohderyhmiä olivat kunnat ja kaupungit (maankäytön suunnittelu, infra, ympäristönsuojelu ja -valvonta ja terveydensuojelu), alan yritykset (jätehuoltoyritykset, suunnittelutoimistot, rakentajat ja materiaalivalmistajat) sekä osallistujakaupunkien asukkaat, joista erityisesti tavoiteltiin Kanta-Hämeeseen sijoittuvan pilottialueen asukkaita. Viestinnässä pyrittiin aktiivisesti kaksisuuntaisuuteen. Hankkeen aikana tavoitteena oli vastaanottaa palautetta eri kohderyhmistä ja saada uusia näkökulmia tutkimuksen eteenpäin viemiseksi.

Ensimmäisen vuoden aikana hankkeessa tehdystä työstä viestittiin lehdistötiedotteella, sanomalehtiartikkeleina ja sosiaalisessa mediassa. Lisäksi kaupunkitoimijoille tehtiin kysely, jossa selvitettiin kuntien luonnonmukaisten ja hajautettujen hulevesijärjestelmien nykytilannetta. Kyselyyn pyydettiin vastauksia kuntaorganisaatioiden eri sektoreiden toimijoilta.

Toisen toteutusvuoden alkupuolella järjestettiin ensimmäinen työpaja, jonka toteutus onnistui suunnitellusti Teams-alustalla. Kohderyhmän tavoitteessa onnistuttiin hyvin. Paikalla oli kuntien rakentamisen, kunnossapidon, rakennusvalvonnan, suunnittelun ja ympäristönsuojelun parissa toimivia asiantuntijoita. Työpajassa käsiteltiin nykytilannetta kartoittavan kyselyn tuloksia ja käytiin vilkasta keskustelua hulevesien hallintaan liittyvistä ongelmakohtista. Lisäksi kerättiin osallistujien palautetta hankkeen toimenpiteistä kertyneistä käytännön kokemuksista. Työpajalle saatiin lisänäkyvyyttä, kun puheenvuorojen kärkiteemat viestittiin Twitterissä työpajan aikana. Helmikuussa 2023 pidettiin hankkeen loppuseminaari, jossa esiteltiin hankkeen tulokset ja käytiin vilkasta keskustelua. Seminaari toteutettiin hybridinä, joten

osallistujia oli paikan päällä Hämeen ammattikorkeakoulukeskuksella sekä verkossa. Seminaarista tehtiin myös tallenne, joka on saatavilla jälkikäteen.

Suunnitelmaan kirjatut avoimet demotilaisuudet jäivät toteutumatta COVID-19-pandemiaan liittyneiden kokoontumisrajoitusten vuoksi. Syksyn mittaan hanke oli mukana Lepaan näyttelyssä, joka on puutarha-alan suurin vuosittainen ammattilaistapahtuma, Hämeen ammattikorkeakoulun järjestämässä Tutkijoiden yö -tapahtumassa Hämeenlinnan pääkirjastolla sekä kansainväliselle tutkijaverkostolle ja HAMKin sidosryhmille suunnatussa verkostotapahtumassa. Näissä esiteltiin demomenetelmällä erilaisten maa-ainesten vaikutusta veden suodattumiseen. Ideana oli havainnollistaa käytännössä hankkeen aikana tehtyjä suodatuskokeita ja kertoa hankkeen aikana tehdystä työstä ja alustavista tutkimustuloksista. Hankkeessa tehty työ ja etenkin odotettavissa olevat tulokset herättivät kiinnostusta kaikissa tapahtumissa. Viestintätavoitteiden kannalta demomenetelmä osoittautui onnistuneeksi myös kohtaamisten ja keskustelun kannalta. Myös pandemian vuoksi peruuntuneet demotilaisuudet saatiin osittain korvattua tällä toteutuksella.

Hankkeen aikana julkaistiin neljä blogitekstiä. Syksyllä 2022 julkaistiin kaksi blogitekstiä, jotka käsittelivät kaupunkitulvien helpottamista hulevesisuunnittelun avulla ja hulevesimaksukäytänteitä sekä yksi koskien kasvipeitteisen huleveden imeytysrakenteen kiintoaines- ja ravintekuormitusta. Keväällä 2023 julkaistiin blogiteksti koskien kasvipeitteisten huleveden imeytysrakenteiden talviaikaista toimintaa. Hankkeen lopussa julkaistiin WSSP-työkalua koskeva oppinäytetyö ja hankkeessa tehdyn tutkimuksen vaiheita havainnollistava video.

Sosiaalisen median kanavista hankkeen viestintää varten oli käytössä HAMK Bio tutkimusyksikön Twitter, jonka odotettiin tavoittavan hankkeen kohderyhmät tehokkaimmin. Twitterissä haluttiin tuoda säännöllisesti esille hankkeen etenemistä ja tuloksia. Twitteriin toteutettavaksi suunniteltu viestintä onnistui osittain. Vaikka julkaisuja ja viestintää tässä kanavassa suunniteltiin etukäteen, viestintä osoittautui haasteelliseksi erityisesti sisällöntuottamisen suhteen. Suunnitelma suhteessa julkaistavissa olevaan materiaaliin ei aina toiminut parhaalla mahdollisella tavalla. Lähetettyjen viestien statistiikka osoitti myös, että tavoitettavuus oli odotuksia heikompaa. Viestintä Twitterissä ei myöskään herättänyt keskustelua tai kommentointia.

Viestinnän kohderyhmä oli kapea. On mahdollista, että hankkeen kohderyhmään kuuluvat henkilöt eivät seuraa sosiaalista mediaa aktiivisesti tai he käyttävät itse jotain muuta kanavaa. Jatkossa onkin hyödyllistä miettiä sosiaaliseen mediaan tuotettavaa sisältöä kriittisesti. Tälle kohderyhmälle toimivampi ratkaisu voisi olla esimerkiksi uutiskirje. Kohderyhmä tavoitettiin sähköpostitse hyvin. Esimerkiksi työpajakutsuihin reagoitiin aktiivisesti, kun ne lähetettiin sähköpostilla.

## 8. Jatkokehittelyn aiheita

Kaupunkivaluma-aluelähtöisessä riskien tarkastelussa siirretään katse yksittäisistä purkupisteistä maa-alueisiin, joista hulevesi syntyy. WSSP-toimintamallin tavoitteena on selvittää valuma-alueelta vesiin ja pohjavesiin kohdistuvia riskejä sekä suunnitella ja toteuttaa näitä riskejä rajoittavia ja poistavia toimenpiteitä. Täydellinen WSSP pitää sisällään koko ketjun myös toteutuksen jälkeisestä seurannasta ja tulosten raportoinnista aina uuteen tarvekartoitukseen asti. Myös mahdollisesti tarvittavat tukitoimenpiteet koulutuksesta tiedotukseen ja eri tasoisien valistukseen asti kuuluvat WSSP:n työkaluihin. HULVATTU-hankkeessa prosessi pilotoitiin valuma-alueiden riskialueiden määrittämiseen asti. Jatkon toteuttaminen jää pilottipaikkakuntien harkintaan. Toivottavaa on, että WSSP:n tutkimus- ja kehitystyöhön saadaan jatkossa myös hankerahoitusta, koska loppuun asti kehitetyn työmenetelmän tavoite on lopulta säästää eri osapuolten resursseja ja kohdentaa ne mahdollisimman kustannustehokkaasti.

Hulevesien hallinnassa eräs keskeisistä haitta-aineista on kiintoaines, sillä hulevesi huuhtoo ja putsaa koviilta pinnoilta roskat, hienojakoisen kaupunkipölyn ja kaiken siltä väliltä mukaansa. Luonnonmukaisiin hulevesirakenteisiin kerääntyy siten väistämättä kiintoainesta ja niiden hydraulinen johtavuus laskee ajan saatossa. Suomalaisiin olosuhteisiin tarvitaan tutkimukseen perustuvaa tietoa siitä, miten luomurakenteet pitäisi mitoittaa ja miten niiden hoitoon eli pin-tamaan vaihtoon pitäisi varautua.

Työmaavedet ovat eräs merkittävimmistä kiintoainekuorman aiheuttajista. Työmaa-aikaisesta hulevesien suojauksesta puhutaan meillä Suomessa työmaavesien hallintana.



Työmaavesiin sisältyy huleveden lisäksi erilaisista pumppauksista syntyvät vedet, jolloin työmaalta syntyvä vesikuorma ei noudata luontaista sadantaa. Useat kaupungit edellyttävät rakennuspaikoilta työmaavesien hallintaa, sillä niiden mukana kulkeutuu merkittävä määrä kiintoainetta. Työmaakäyttöön on tarjolla joitakin kaivokohtaisia suodatusrakenteita, mutta yksittäistä kaivoa keskeisempää on määritellä työmaa-alueen avoimen maan pinnan laajuus, maanlajitusalueet, kaivuutöiden sijainnit sekä mahdolliset pumppauksiin liittyvät paikat ja pyrkä suojusrakenteilla vähentämään näiltä alueilta lähtevää kiintoainekuormaa. Työmaavesien suojaus on siten nauhamaisten suojarakenteiden ja pistemäisten suojauskohteiden yhdistelmä ja näiden toteuttamiseen tarvitaan erilaisia demoja ja kokeiluja asuntotuotannon, infrarakentamisen ja pientalorakentamisen ympäristöissä.

Paikkatietopohjaisen WSSP-työkalun kehittämistä raamittivat helppokäyttöisyys, resurssitehokkuus ja järjestelmien edullisuus. Paikkatieto ei usein ole halpaa nopeaa tai helppoa. Jos haluttiin nopeutta, katosi tarkkuutta. Jos haluttiin tarkkuutta, työ hidastui. Edullisuuteen päästiin käyttämällä avoimen lähdekoodin ohjelmistoa, mutta on huomioitava, että ohjelmiston opettelu maksaa työtunteina ja koulutuksena. WSSP-työkalun pilotointi olikin jatkuvaa tasa-painottelua useiden tekijöiden kanssa ja tulos useiden tekijöiden kompromissi. Menetelmä on kuvattu kuitenkin niin yksityiskohtaisesti, että jatkossa voitaisiin kokeilla työkalun vaiheistusta eri paikkatieto-ohjelmistoissa.

Kaikki WSSP:n tulokset, aineistot, alustat ja menetelmät on esitelty kaupunkityöpajoissa ja loppuseminaarissa pilottipaikkakunnille. Lopputuloksessa on pyritty kuuntelemaan pilottipaikkakuntien erilaisia tarpeita. WSSP-ohjeet ja -tietokanta testattiin kuitenkin vain HULVATTU-työryhmän sisäisesti. Olisikin ehdottoman tärkeää, että seuraavassa vaiheessa työkalua testattaisiin myös kaupunkiorganisaatioiden sisällä, jotta sen kehittäminen voisi jatkua tarvelähtöisesti.

## **Liitteet**

Liite 1 Alustava kysely kaupungeille

Liite 2 Kysely analysoituna

Liite 3 Maanäytteenottomenetelmä

Liite 4 Karanoja osaraportti

Liite 5 WSSP–ohjeet


Liite 6 WSSP–tietokanta

## Liite: Hulevedet kaupunkiympäristössä 2021- HULVATTU-hankkeen nykytilakysely

Kysely toteutettiin vuodenvaiheessa 2021–2022 lähettämällä se niille kuntaorganisaatioiden henkilöille, jotka työskentelevät hulevesien parissa. Kysely lähetettiin sekä kirjaamoiden että eri yhdistysten ja osin suorien kontaktien kautta.

### Kyselyn saatekirjeet:

Kirjaamoihin lähtenyt saate 9.12.2021:

 Hulevedet kaupunkiympäristössä 2021- HULVATTU-hankkeen nykytilakysely  
Outlook-kohde

Hei

Hämeen ammattikorkeakoulun HULVATTU-hanke pyytää apuanne oheisen kyselyn jakamisessa kuntanne hulevesien parissa toimiville.

Kyselyllä selvitetään **hulevesien** nykytilannetta eri kokoisissa kuntaorganisaatioissa eri sektorien toimijoilta. Meille olisi erittäin tärkeää saada vastauksia kaikilta hulevesiin liittyviltä hallinnon aloilta:

- suunnittelu (kaavoitus ja toteutussuunnittelu)
- rakentaminen
- kunnossapito
- rakennusvalvonta
- ympäristönsuojelu

Kyselyyn vastanneiden yhteystietoja ei linkitetä vastauksiin eli vastaaminen on anonyymiä.

Olemme erittäin kiitollisia avustanne, mikäli voitte jakaa kyselyä omiin kanaviinne!

HULVATTU-tiimin puolesta,

Virpi Hannuksela  
Tekninen asiantuntija  
Puh. +358 50 4733 989  
[virpi.hannuksela@hamk.fi](mailto:virpi.hannuksela@hamk.fi)

HULVATTU-hanke, [www.hamk.fi/HULVATTU/](http://www.hamk.fi/HULVATTU/)  
HAMK BIO, Hämeen ammattikorkeakoulu

Lähes samansisältöinen saate lähti myös yhdistyksille. Saatteen liitteenä ja suoraan kontaktoiduille lähtenyt viesti kuului:

Hei

Tarvitsemme apuasi!

Hämeen ammattikorkeakoulussa (HAMK) käynnistyneessä Ympäristöministeriön rahoittamassa HULVATTU-hankkeessa kartoitetaan mm. kuntien nykytilannetta luonnonmukaisten ja hajautettujen hulevesijärjestelmien osalta. Hulgattu-hankkeesta lisää [www.hamk.fi/HULVATTU/](http://www.hamk.fi/HULVATTU/)

Toivomme kyselyyn vastauksia kuntaorganisaatioiden eri sektoreiden toimijoilta, niin **suunnittelun, rakentamisen, kunnossapidon, rakennusvalvonnan kuin ympäristönsuojelun** parissa toimivilta asiantuntijoilta. Alla olevasta linkistä pääset kyselyyn:

<https://forms.office.com/r/BmbVrtv8dH>

Kyselyyn vastaaminen kestää noin 15 minuuttia. Kyselyn viimeinen vastauspäivä on 23.12.2021.

Kiitos, jos voit antaa aikaasi ja näkemystäsi!

Kokoamme vastaukset kyselyssä esiin nousseisiin ongelmiin, ja ratkomme niitä työpajassa, johon kyselyyn vastanneet ovat tervetulleita!

Tätä viestiä ja linkkiä saa jakaa edelleen omassa organisaatiossa tai vaikka naapurikunnan kollegalle, joka työskentelee jollakin tavalla hulevesiasioiden parissa.

Hulgattu-tiimin puolesta,

Virpi Hannuksela

Tekninen asiantuntija

Puh. +358 50 4733 989

[virpi.hannuksela@hamk.fi](mailto:virpi.hannuksela@hamk.fi)

HULVATTU-hanke, [www.hamk.fi/HULVATTU/](http://www.hamk.fi/HULVATTU/)

HAMK BIO, Hämeen ammattikorkeakoulu

## Kysely

Kysely toteutettiin Microsoft Forms -työkalulla. Alla olevissa kuvissa näkyy kyselyn ilme sekä kyselyn saateteksti.



# Hulevedet kaupunkiympäristössä 2021- HULVATTU-hankkeen nykytilakysely

*Hulevedestä on moneksi: mieluummin resurssi ja viihtyisyystekijä, kuin vesistöjen likaaja tai rakenteiden rikkoja!*

Tällä kyselyllä haluamme selvittää hulevesirakenteiden nykytilaa, haasteita ja sijoittumista kaupunkirakenteessa - lähtötieto jalostuu hankkeen myötä WSSP-riskienhallintatyökaluksi (Water Shed Safety Plan).

Hulevesien luonnonmukainen hallinta on esimerkki monialaisesta kaupungistumisen haasteesta, jonka ratkomisen vaatii usean toimialan näkökulmien yhdistämistä ja jatkuvaan muutokseen varautumista. Kestävä kaupunkisuunnittelu tiivistää kaupunkirakennetta, jolloin myös hulevesien hallintaan tarkoitettut rakenteet joudutaan usein integroimaan osaksi viihtyisää asuinympäristöä. Hulevesien hallinta kietoutuu tiukasti yhteen myös maankäytön suunnittelun kanssa.

Huleveden hallinta kaupunkialue- ja lähtöisessä Turvallisuussuunnittelussa (HULVATTU) kehittää kaupunkialueelle osavalmu-aluepohjaisen turvallisuuskehikon hajautetulle huleveden hallinnalle. Se pohjautuu yksittäisiin ja erillisiin huleveden hallintarakenteisiin, mutta tuo kaupunkisuunnittelulle, käytännön toteuttajille ja maanomistajille selkeän tavoitteen monitoiminnallisille hulevesirakenteille.

Lisää tietoa hankkeesta löydät [www.hamk.fi/HULVATTU/](http://www.hamk.fi/HULVATTU/) (<http://www.hamk.fi/HULVATTU/>).

\* Pakollinen

\* Lomake tallentaa nimesi. Kirjoita nimesi.

## Taustakysymykset

Vastaajan taustatietoja käytetään ainoastaan kyselyn analysointiin ja luokitteeluun.

### 1. Näkökulmasi hulevesiin / tehtäväsi organisaatiossasi \*

- kaavoitus tai maankäytön suunnittelu
- kaupunki-infran (katu- ym.) suunnittelu
- viheralueiden suunnittelu
- vesihuollon suunnittelu
- infran (maa- tai viher-) rakentaminen
- katualueiden kunnossapito
- viheralueiden kunnossapito
- vesihuollon kunnossapito
- rakennusvalvonta
- ympäristönsuojelu
- joku muu

## 2. Työkokemuksesi \*

	0-2 vuotta	2-5 vuotta	5-10 vuotta	10-15 vuotta	yli 15 vuotta
työkokemus alaltasi yhteensä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
työkokemus nykyisessä työtehtävässäsi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
työskentely aktiivisesti hulevesiasioiden parissa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## 3. Mikä on koulutuksesi? (valitse korkein loppuun suoritettu koulutuksesi) \*

- peruskoulu tai kansakoulu
- toisen asteen koulutus (esim. ammattikoulu, ammattitutkinto tai lukio)
- opistotason koulutus
- alempi korkeakoulututkinto (esim. AMK tai alemmat yliopistotutkinnot)
- ylempi korkeakoulututkinto (esim. YAMK, DI, ylemmät yliopistotutkinnot)
- tutkijakoulutus (lisensiaatti tai tohtori)
- joku muu

## 4. Edustamasi paikkakunta on \*

- selvästi kaupunkimainen ja tiiviisti rakennettu
- väljästi rakennettu kaupunki
- pääosin maaseutumainen
- sekoittunutta rakennetta, tiivistä ja väljää

## 5. Edustamasi kunnan asukasluku \*

- alle 8 000 asukasta
- 8 000 - 17 999 asukasta
- 18 000 - 39 999 asukasta
- 40 000 - 79 999 asukasta
- 80 000 - 119 999 asukasta
- 120 000 - 199 999 asukasta
- 200 000 asukasta tai enemmän



8. Mitkä rakentamisen ohjausjärjestelmät osat kunnassanne (käytännössä) ohjaavat tai kannustavat luonnonmukaisten hulevesijärjestelmien toteuttamiseen? \*

Vastaa kaikki ne, joissa luonnonmukaiset tai hajautetut järjestelmät korostuvat

- hulevesistrategia, hulevesiohjelma tmv. kuntatasoinen linjaus
- hulevesimaksut (tonttikohtaiseen käsittelyyn ohjaaminen)
- rakennusjärjestys
- asemakaavat alueellisissa ratkaisussa (viivyttävät, imeyttävät tai suodattavat rakenteet)
- asemakaavat tonttikohtaisissa ratkaisussa (esim. sadepuutarhat, viherkatot)
- viherkerroin tai sini-viherkerroin
- rakennustapaohje
- hulevesisuunnitelma rakennusluvan edellytyksenä

9. Kerätäänkö kunnassanne erillistä hulevesimaksua? \*

- kyllä
- ei
- suunnitella
- on ollut, mutta sitä on luovuttu

10. Mihin tekijöihin hulevesimaksun määräytyminen perustuu?

	kyllä	osittain	ei
tontin käyttöerkoitusluokitus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
tontin pinta-ala	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
tontin kerrosala	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
viherpeitteisyyden määrä maksua alentavana tekijänä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
tonttikohtaiset ratkaisut (huleveden määrän väheneminen tai laadun parantaminen) maksua alentavana tekijänä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
todetut haitat maksua korottavana tekijänä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
muu peruste maksun alentamiselle	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

11. Mikäli hulevesimaksussa ei ole kannustavuutta tonttikohtaisiin ratkaisuihin, miksi ei?



12. Miten rakentamisen aikaisia hulevesiä ohjataan kunnassanne? \*

	aina	usein	joskus	ei koskaan	en tiedä
pientalorakentajia (kertarakentajia) ohjeistetaan rakentamisen aikaiseen hulevesien hallintaan	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
pientalorakentajilta vaaditaan hulevesien hallinta rakentamisen aikana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
isoilla (talon)rakennusyömailä vaaditaan hulevesien hallinta rakentamisen aikana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
infrarakentamisessa vaaditaan hulevesien hallinta rakentamisen aikana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
yleisten alueiden käyttöluvissa vaaditaan hulevesien asianmukainen käsittely	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
maa- ja viherrakentajia ohjeistetaan rakentamisen aikaiseen hulevesien hallintaan, esim. lämpökaivojen liete ym	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
organisaatiossa on selkeää, kuka vastaa hulevesien rakentamisen aikaisesta valvonnasta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

13. Miten toteutettua hulevesirakennetta, sen toimintaa ja kunnossapitoa, seurataan kunnassanne kohteen valmistumisen jälkeen? \*

Mieti kohteena esimerkiksi suodatusallasta tai muuta veden laatua parantamaan tehtyä rakennetta.

	kyllä, aina	lähäs aina	joskus	ei lainkaan	en tiedä
kunnossapitoa varten on tehty hoitokortti tai muu kohdekohtainen suunnitelma	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
rakenteen kunnossapito on säännöllistä ja suunnitelmallista	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
kunnossapitotoimista tehdään kirjaukset	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
rakenteen läpi kulkeneen veden (suotoveden) laadun seurantaan on tehty suunnitelma	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
suotoveden laatua seurataan säännöllisesti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
laatumittauksista pidetään kirjaa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
tarvittaviin korjaustoimiin ryhdytään viivyttämättä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
rakenteen kunnossapidon vastuutaho on selkeä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## Haasteet ja ongelmat luonnonmukaisten hulevesirakenteiden elinkaareissa

Kerro eri vaiheisiin liittyen (kysymykset 14-17), mitkä ovat sinun näkökulmastasi keskeisimmät haasteet tai ongelmat. Mieti kokonaisuutta: osaamista, sidosryhmiä, fyysistä tilaa, ohjausjärjestelmiä, resursseja, saatavuutta yms.

14. Mitkä ovat keskeisimmät tunnistamasi haasteet tai ongelmat ALUE- tai YLEISSUUNNITTELUN vaiheessa? Nimeä kolme tärkeintä.

15. Mitkä ovat keskeisimmät tunnistamasi haasteet tai ongelmat TOTEUTUSSUUNNITTELUN vaiheessa? Nimeä kolme tärkeintä.

16. Mitkä ovat keskeisimmät tunnistamasi haasteet tai ongelmat RAKENNUUTTAMISESSA ja/tai RAKENTAMISEN aikana? Nimeä kolme tärkeintä.

17. Mitkä ovat keskeisimmät tunnistamasi haasteet tai ongelmat valmiin hulevesirakenteen KUNNOSSAPIDOSSA? Nimeä kolme tärkeintä.

Mieti erilaisia imeyttäviä, viivyttäviä tai suodattavia pintapainanteita ja altaita, kasvipeitteellä tai ilman.

## Hulevesi ja asukkaat

18. Miten asukkaita on kunnan puolesta tiedotettu ja osallistettu hulevesiin liittyen? \*

	usein	melko usein	satunnaisesti	ei lainkaan	en tiedä
hulevesistä ja niiden luonnonmukaisista käsittelytavoista on tiedotettu yleisellä tasolla	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
asukkaita osallistetaan hulevesirakenteiden suunnitteluvaiheessa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
uuden hulevesirakenteen, esim viivytys- tai imeytysaltaan valmistumisesta ja toiminnasta tiedotetaan	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

19. Miten usein asukkaat tunnistavat luonnonmukaisen hulevesien hallinnan hyödyt? \*

	aina	melko usein	harvoin	ei lainkaan	en tiedä
huleveden määrän hallinta, esim. tulvasuojelu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
huleveden laadun hallinta, esim. vastaanottavan vesistön kunnan paraneminen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
hallintarakenteen tuoma biodiversiteetin tuki, esim. elinympäristöjen monipuolistajana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
hallintarakenteen luoma viihtyisyys, esim. viherkatto tai vesiaiheiden ketju kaupunkirakenteessa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

20. Minkälaista asukaspalautetta toteutetuista hulevesirakenteista on saatu? \*

Mieti erityisesti maan päällä olevia näkyviä rakenteita. Valitse kaikki sopivat

- puistoon tai muulle yleiselle alueelle rakennettu hulevesiallas tai -painanne on koettu viihtyisyystekijänä
- viherkattoa on kehitetty
- tulvat ovat vähentyneet
- alapuolinen vesistö on puhdistunut
- toteutettu rakenne on lisännyt alueen kasvi- ja/tai eläinlajistoa
- rakenteesta on tullut esim. koulujen tai päiväkotien opetuskohteita
- julkisen alueen rakenne on innostanut asukkaita omiin tonttikohtaisiin ratkaisuihin
- rakenne on koettu viihtyisyyttä vähentävänä tai epäsiistinä
- rakenne on koettu vaarallisena, esim. pelätty lasten hukkumista
- kunnossapidon laatua on moitittu
- rakenteen vesipinnan korkeuden vaihtelu häiritsee asukkaita
- rakenne on koettu tarpeettomaksi
- jotain muuta

21. Mitä muuta palautetta luonnonmukaisista hulevesirakenteista on saatu ?

## Kyselyn palaute ja hankkeen eteneminen

### **Kiitos ajastasi ja vastauksistasi!**

#### Jatko:

Hankkeen seuraavassa vaiheessa järjestämme kuntaorganisaatioille avoimen työpajan, jossa käydään läpi kyselyn tulokset ja pureudutaan esiin nousseisiin teemoihin syvemmin. Työpajan tavoite on syventää omaa osaamista, jakaa kokemuksia ja verkostoitua organisaatioiden kesken.

Työpaja järjestetään etäyhteyksillä tammi-helmikuussa ja sen kesto on 2-3 h. Tervetuloa mukaan!

Myöhemmin keväällä valittujen kaupunkien kanssa analysoidaan yksityiskohtaisemmin toteutuneita hulevesirakenteita, (sijoittuminen kaupunkirakenteeseen ja eri maankäyttöluokkiin, monitoiminnallisuus, mitoitus, rakenteen osat, ikä ja materiaalit) ja koeponnistetaan muutamia kasvipeitteisiä hulevesirakenteita.

22. Mikäli olet kiinnostunut osallistumaan tammi-helmikuussa etäyhteydellä järjestettävään työpajaan, mitkä seuraavista ajankohdista sopisivat sinulle?

Vastaa kaikki sopivat

- ti 18.1.2022 aamupäivä
- ti 18.1.2022 iltapäivä
- to 20.1.2022 aamupäivä
- to 20.1.2022 iltapäivä
- ke 2.2.2022 aamupäivä

23. Sähköpostiosoitteesi työpajakutsua varten:

Sähköpostiosoitetta ei linkitetä kyselyn vastauksiin; sitä käytetään ainoastaan työpajakutsun lähettämiseen

Hei

Hämeen ammattikorkeakoulun HULVATTU-hanke pyytää apuanne oheisen kyselyn jakamisessa kuntanne hulevesien parissa toimiville.

Kyselyllä selvitetään **hulevesien** nykytilannetta eri kokoisissa kuntaorganisaatioissa eri sektorien toimijoilta. Meille olisi erittäin tärkeää saada vastauksia kaikilta hulevesiin liittyviltä hallinnon aloilta:

- o suunnittelu (kaavoitus ja toteutus suunnittelu)
- o rakentaminen
- o kunnossapito
- o rakennusvalvonta
- o ympäristönsuojelu

Kyselyyn vastanneiden yhteystietoja ei linkitetä vastauksiin eli vastaaminen on anonyymiä.

Olemme erittäin kiitollisia avustanne, mikäli voitte jakaa kyselyä omiin kanaviinne!

HULVATTU-tiimin puolesta,

Virpi Hannuksela

Tekninen asiantuntija

Puh. +358 50 4733 989

[virpi.hannuksela@hamk.fi](mailto:virpi.hannuksela@hamk.fi)

HULVATTU-hanke, [www.hamk.fi/HULVATTU/](http://www.hamk.fi/HULVATTU/)

HAMK BIO, Hämeen ammattikorkeakoulu


## Sisältö

<b>1</b>	<b>Kyselyn saatekirjeet.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Kysely ja sen vastaukset.....</b>	<b>3</b>
2.1	Taustakysymykset.....	4
2.2	Hulevesien nykytila kunnissa.....	6
2.2.1	Toteutetut rakenteet.....	6
2.2.2	Ohjausjärjestelmät .....	8
2.2.3	Hulevesimaksu.....	9
2.2.4	Rakentamisen aikaisten hulevesien ohjaus.....	11
2.2.5	Toteutetun rakenteen seuranta .....	12
2.3	Keskeisimmät koetut ongelmat hulevesirakenteen elinkaareissa .....	13
2.4	Hulevesi ja asukkaat .....	16
2.4.1	Asukkaiden tiedotus .....	16
2.4.2	Kuntalaisten tietoisuus hulevesistä .....	17
2.4.3	Saatu palaute.....	18

Kysely toteutettiin vuodenvaiheessa 2021–2022 lähettämällä se niille kuntaorganisaatioiden henkilöille, jotka työskentelevät hulevesien parissa. Kysely lähetettiin sekä kirjaamoiden että eri yhdistysten ja osin suorien kontaktien kautta.

## 1 Kyselyn saatekirjeet

Kirjaamoihin lähtenyt saate 9.12.2021:

 Hulevedet kaupunkiympäristössä 2021- HULVATTU-hankkeen nykytilakysely  
Outlook-kohde

Hei

Hämeen ammattikorkeakoulun HULVATTU-hanke pyytää apuanne oheisen kyselyn jakamisessa kuntanne hulevesien parissa toimiville.

Kyselyllä selvitetään **hulevesien** nykytilannetta eri kokoisissa kuntaorganisaatioissa eri sektorien toimijoilta. Meille olisi erittäin tärkeää saada vastauksia kaikilta hulevesiin liittyviltä hallinnon aloilta:

- o suunnittelu (kaavoitus ja toteutussuunnittelu)
- o rakentaminen
- o kunnossapito
- o rakennusvalvonta
- o ympäristönsuojelu

Kyselyyn vastanneiden yhteystietoja ei linkitetä vastauksiin eli vastaaminen on anonyymia.

Olemme erittäin kiitollisia avustanne, mikäli voitte jakaa kyselyä omiin kanaviinne!

HULVATTU-tiimin puolesta,

Virpi Hannuksela  
Tekninen asiantuntija  
Puh. +358 50 4733 989  
[virpi.hannuksela@hamk.fi](mailto:virpi.hannuksela@hamk.fi)  
HULVATTU-hanke, [www.hamk.fi/HULVATTU/](http://www.hamk.fi/HULVATTU/)  
HAMK BIO, Hämeen ammattikorkeakoulu

Lähes samansisältöinen saate lähti myös yhdistyksille. Saatteen liitteenä ja suoraan kontaktoiduille lähtenyt viesti kuului:



Hei

Tarvitsemme apuasi!  
Hämeen ammattikorkeakoulussa (HAMK) käynnistyneessä Ympäristöministeriön rahoittamassa HULVATTU-hankkeessa kartoitetaan mm. kuntien nykytilannetta luonnonmukaisten ja hajautettujen hulevesijärjestelmien osalta. [Hulvattu-hankkeesta lisää www.hamk.fi/HULVATTU/](http://www.hamk.fi/HULVATTU/)

Toivomme kyselyyn vastauksia kuntaorganisaatioiden eri sektoreiden toimijoilta, niin **suunnittelun, rakentamisen, kunnossapidon, rakennusvalvonnan kuin ympäristönsuojelun** parissa toimivilta asiantuntijoilta. Alla olevasta linkistä pääset kyselyyn:

<https://forms.office.com/r/BmbVrtv8dH>

Kyselyyn vastaaminen kestää noin 15 minuuttia. Kyselyn viimeinen vastauspäivä on 23.12.2021.

Kiitos, jos voit antaa aikaasi ja näkemystäsi!

Kokoamme vastaukset kyselyssä esiin nousseisiin ongelmiin, ja ratkomme niitä työpajassa, johon kyselyyn vastanneet ovat tervetulleita!

Tätä viestiä ja linkkiä saa jakaa edelleen omassa organisaatiossa tai vaikka naapurikunnan kollegalle, joka työskentelee jollakin tavalla hulevesiasioiden parissa.

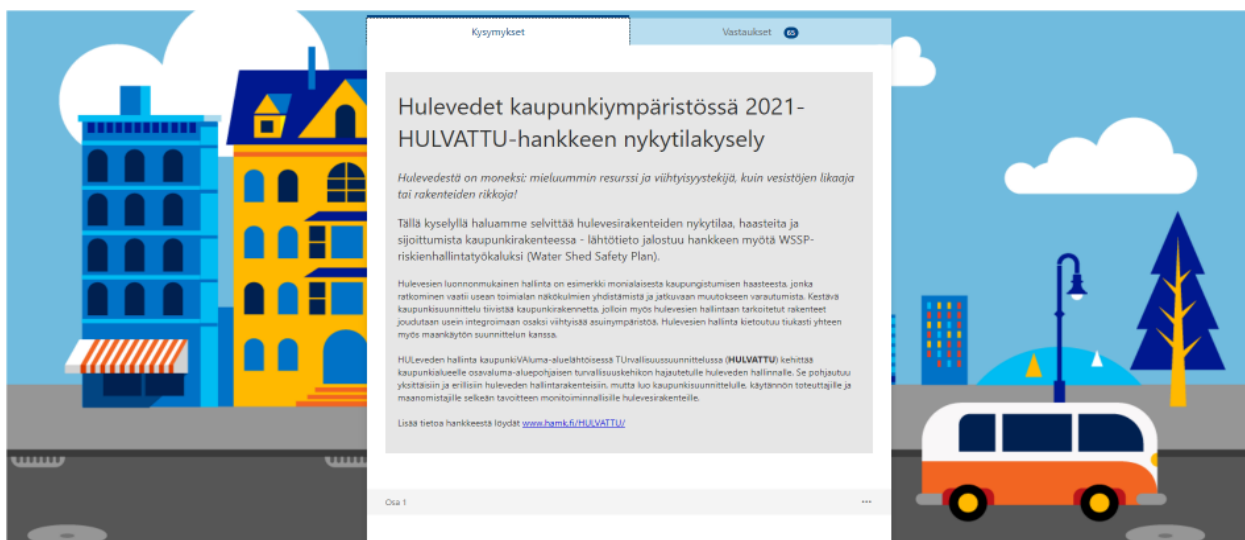
**Hulvattu**-tiimin puolesta,

Virpi Hannuksela  
Tekninen asiantuntija  
Puh. +358 50 4733 989  
[virpi.hannuksela@hamk.fi](mailto:virpi.hannuksela@hamk.fi)  
HULVATTU-hanke, [www.hamk.fi/HULVATTU/](http://www.hamk.fi/HULVATTU/)  
HAMK BIO, Hämeen ammattikorkeakoulu

Ensimmäisen vuorokauden aikana saatiin jo 30 vastausta. 50 rajapyykki saavutettiin, kun kysely oli ollut auki noin 3 työpäivää (+viikonloppu). Määräaikaan mennessä vastauksia saatiin 65 kappaletta.

## 2 Kysely ja sen vastaukset

Kysely toteutettiin Microsoft Forms -työkalulla. Alla olevissa kuvuisa näkyy kyselyn ilme sekä kyselyn saateteksti.



# Hulevedet kaupunkiympäristössä 2021- HULVATTU-hankkeen nykytilakysely

*Hulevedestä on moneksi: mieluummin resurssi ja viihtyisyystekijä, kuin vesistöjen likaaja tai rakenteiden rikkoja!*

Tällä kyselyllä haluamme selvittää hulevesirakenteiden nykytilaa, haasteita ja sijoittumista kaupunkirakenteessa - lähtötieto jalostuu hankkeen myötä WSSP-riskienhallintatyökaluksi (Water Shed Safety Plan).

Hulevesien luonnonmukainen hallinta on esimerkki monialaisesta kaupungistumisen haasteesta, jonka ratkominen vaatii usean toimialan näkökulmien yhdistämistä ja jatkuvaan muutokseen varautumista. Kestävä kaupunkisuunnittelu tiivistää kaupunkirakennetta, jolloin myös hulevesien hallintaan tarkoitettujen rakenteiden joudutaan usein integroimaan osaksi viihtyisää asuinympäristöä. Hulevesien hallinta kietoutuu tiukasti yhteen myös maankäytön suunnittelun kanssa.

Huleveden hallinta kaupunkiympäristössä Turvallisuussuunnittelussa (HULVATTU) kehittää kaupunkialueelle osavalmu-aluepohjaisen turvallisuuskehikon hajautetulle huleveden hallinnalle. Se pohjautuu yksittäisiin ja erillisiin huleveden hallintarakenteisiin, mutta tuo kaupunkisuunnittelulle, käytännön toteuttajille ja maanomistajille selkeän tavoitteen monitoiminnallisille hulevesirakenteille.

Lisää tietoa hankkeesta löydät [www.hamk.fi/HULVATTU/](http://www.hamk.fi/HULVATTU/) (<http://www.hamk.fi/HULVATTU/>).

## 2.1 Taustakysymykset

Kyselyyn vastasi kaikkiaan 65 vastaajaa kuntaorganisaation eri sektoreilta. Osa vastaajista vastasi useammasta näkökulmasta (joko toimii monessa tehtävässä tai vastaukset annettu tiiminä). Kaavoittajia tai maankäytön suunnittelun parissa työskentelevien vastauksia oli eniten (18 vastausta), mutta myös katu- ja viheralueiden kunnossapitäjät, viheralueiden suunnittelijat ja infran rakentamisen parissa työskentelevät olivat isolla määrällä mukana (15 tai 16 vastausta). Hyvin vastauksia saatiin myös rakennusvalvonnasta ja ympäristönsuojelusta sekä kaupunki-infran suunnittelusta. Vesihuollon suunnittelu ja kunnossapito tuottivat vähiten vastauksia (6 ja 7).

### Taustakysymykset

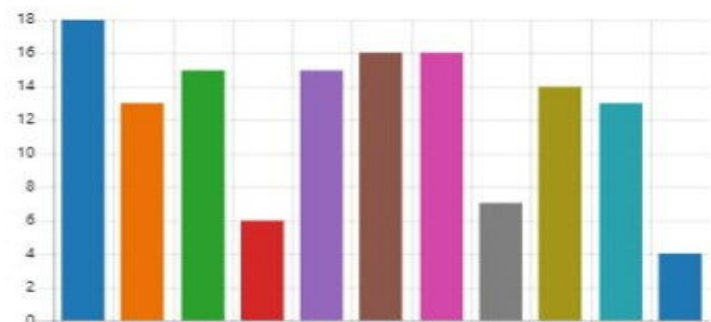
Vastaajan taustatietoja käytetään ainoastaan kyselyn analysointiin ja luokitteeluun.

#### 1. Näkökulmasi hulevesiin / tehtäväsi organisaatiossasi \*

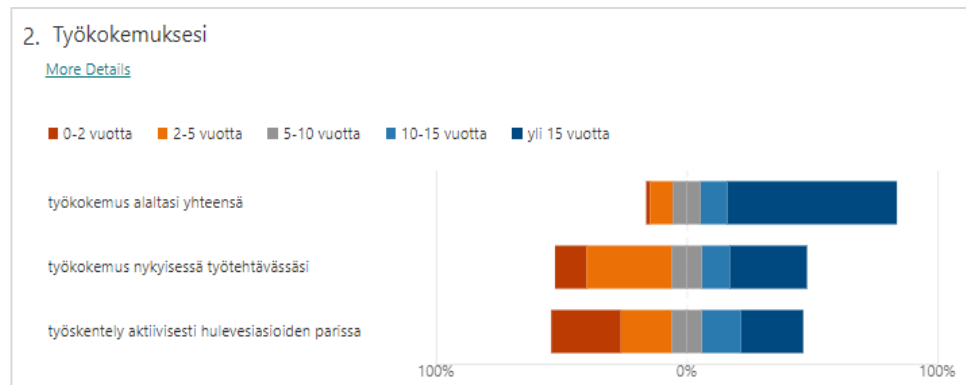
- kaavoitus tai maankäytön suunnittelu
- kaupunki-infran (katu- ym.) suunnittelu
- viheralueiden suunnittelu
- vesihuollon suunnittelu
- infran (maa- tai viher-) rakentaminen
- katualueiden kunnossapito
- viheralueiden kunnossapito
- vesihuollon kunnossapito
- rakennusvalvonta
- ympäristönsuojelu
- joku muu

#### Näkökulmasi hulevesiin / tehtäväsi organisaatiossasi

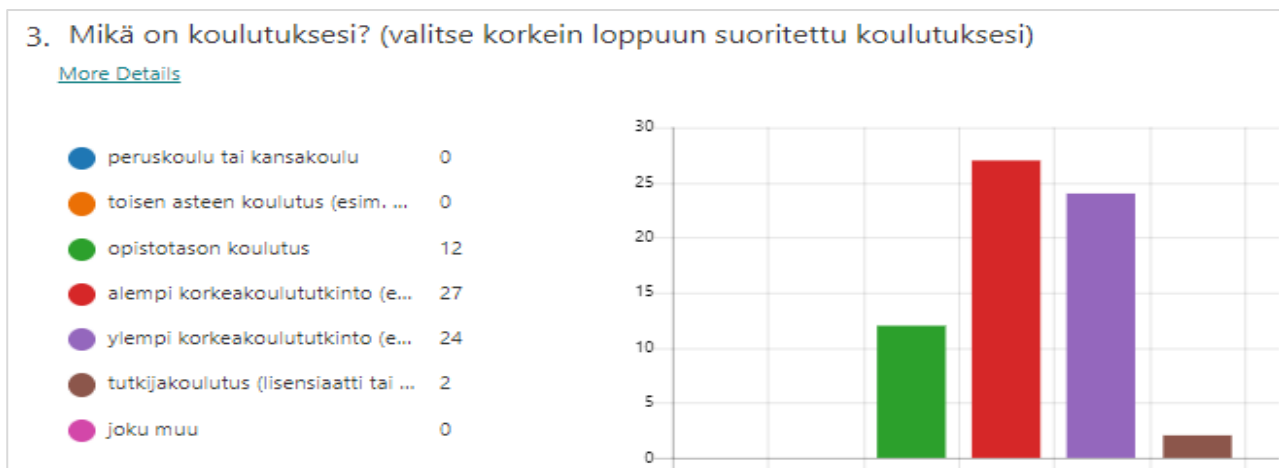
● kaavoitus tai maankäytön suu...	18
● kaupunki-infran (katu- ym.) su...	13
● viheralueiden suunnittelu	15
● vesihuollon suunnittelu	6
● infran (maa- tai viher-) rakenta...	15
● katualueiden kunnossapito	16
● viheralueiden kunnossapito	16
● vesihuollon kunnossapito	7
● rakennusvalvonta	14
● ympäristönsuojelu	13
● joku muu	4



Työkokemukseltaan vastaajat olivat varsin kokeneita, mutta hulevesiasioiden parissa aktiivisesti työskentelyä oli huomattavasti vähemmän (noin puolella alle viisi vuotta).



Vastaajien koulutustaustassa on opistotason, alemman ja ylempään korkeakoulututkinnon suorittaneita ja myös pari tutkijakoulutuksen saanutta.



Kuntien rakenne vaihteli: Puolet vastaajista edusti selvästi kaupunkimaista ja tiiviisti rakennettua kaupunkia, neljäsosa sekoittunutta rakennetta, jossa sekä tiivistä että väljää. Vajaa neljäsosa vastaajista vastasi väljästi rakennetusta kaupungista ja muutama pääosin maaseutumaiselta paikkakunnalta.

Myös vastaajien edustaman kunnan koko vaihteli pienistä alle 8000 asukkaan kunnista yli 200 000 asukkaan kaupunkeihin. Isoin vastaajamäärä tuli 18 000 – 39 999 asukkaan kunnista.



## 2.2 Hulevesien nykytila kunnissa

### 2.2.1 Toteutetut rakenteet

Kyselyssä kysyttiin hajautettuja ja luonnonmukaisia toteutettuja rakenteita julkisilla ja yksityisillä alueilla kahdella kysymyksellä:

#### Hulevesien nykytila kunnassanne

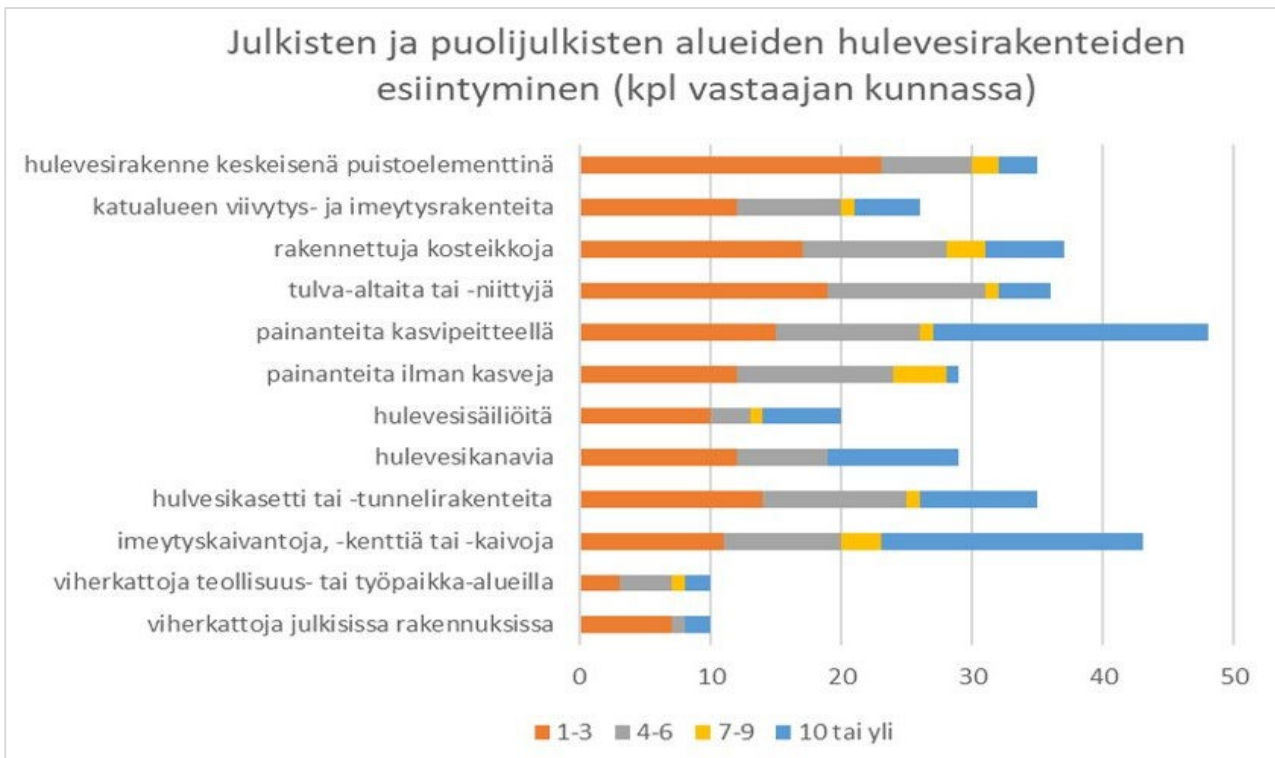
Kyselyssä keskitytään hajautettuihin ja luonnonmukaisiin (luontopohjaisiin) ratkaisuihin, eli kaikkeen muuhun paitsi hulevesiviemäriin.

6. Mitä hulevesirakenteita kunnassanne on julkisilla ja puolijulkisilla alueilla (puistot ja muut yleiset alueet, palvelun ja kaupan alueet, muut työpaikka-alueet)? \*

	ei yhtään	1-3	4-6	7-9	10 tai enemmän	en tiedä
viherkattoja julkisissa rakennuksissa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
viherkattoja teollisuus- tai muulla työpaikka-alueella	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
imeytyskaivantoja, -kenttiä tai -kaivoja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
hulevesikasetti- tai -tunnelirakenteita	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
hulevesikanavia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
hulevesisäiliöitä hyötykäyttöä varten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
hulevesipainanteita, kasvittomia (imeytys ja/tai viivytyt)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
hulevesipainanteita, kasvipeitteisiä (imeytys ja/tai viivytyt)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
tulva-aitaita tai tulvaniittyjä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
rakennettuja kosteikkoja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
viivytyt- / imeytysrakenteet osana katutilaa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
hulevesirakenne keskeisenä viihtyisyselementtinä puistossa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

7. Mitä hulevesirakenteita kunnasta löytyy yksityisiltä alueilta (asuinalueet)? \*

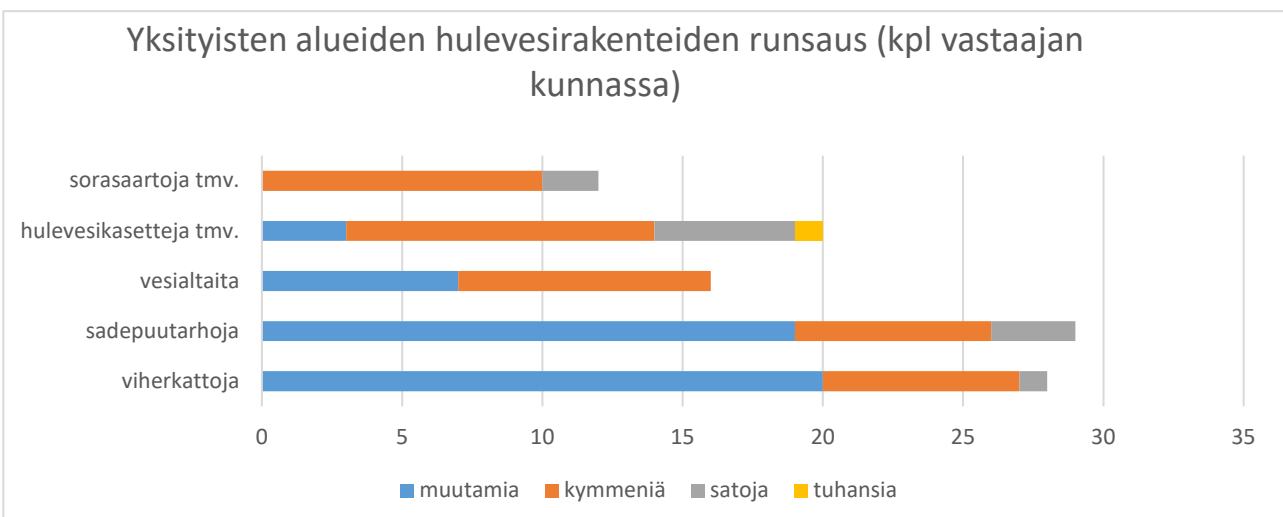
	ei yhtään	muutamia	kymmeniä	satoja	tuhansia	en tiedä
viherkattoja asuinrakennuksissa tai piharakennuksissa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
käsiympäristöisiä sadeputarhoja tonteilla (imeytys ja/tai viivytyt)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
kasvittomia vesialtaita maan päällä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
hulevesikasetteja tai muita vesisäiliöitä tonteilla (varastointi ja/tai viivytyt)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
orasaaertoja tai muita suodatusrakenteita	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



Eniten kunnissa on toteutettu kasvipeitteisiä painanteita, myös erilaiset imeytysrakenteet ovat varsin yleisiä. Viherkattoja on toteutettu kysytyistä rakenteista vähiten.

Kyselyn perusteella rakenteita on toteutettu melko monipuolisesti. Suurin osa rakenteista on monitoiminnallisia eli niissä on esimerkiksi viivytyksen lisäksi imeytystä, varastointia ja puhdistusta.

Varsin paljon rakenteita on toteutettu puiston keskeisenä elementtinä. Näiden lisäksi mm. viherkatot ja muut keskeisellä paikalla olevat maanpäälliset rakenteet lisäävät toiminnallisen vaikutuksen lisäksi viihtyisyyttä ja ympäristön monimuotoisuutta.



Vastausten perusteella yksityisillä alueilla hulevesikasetit, sadepuutarhat ja viherkatot ovat yleisimmät elementit.

## 2.2.2 Ohjausjärjestelmät

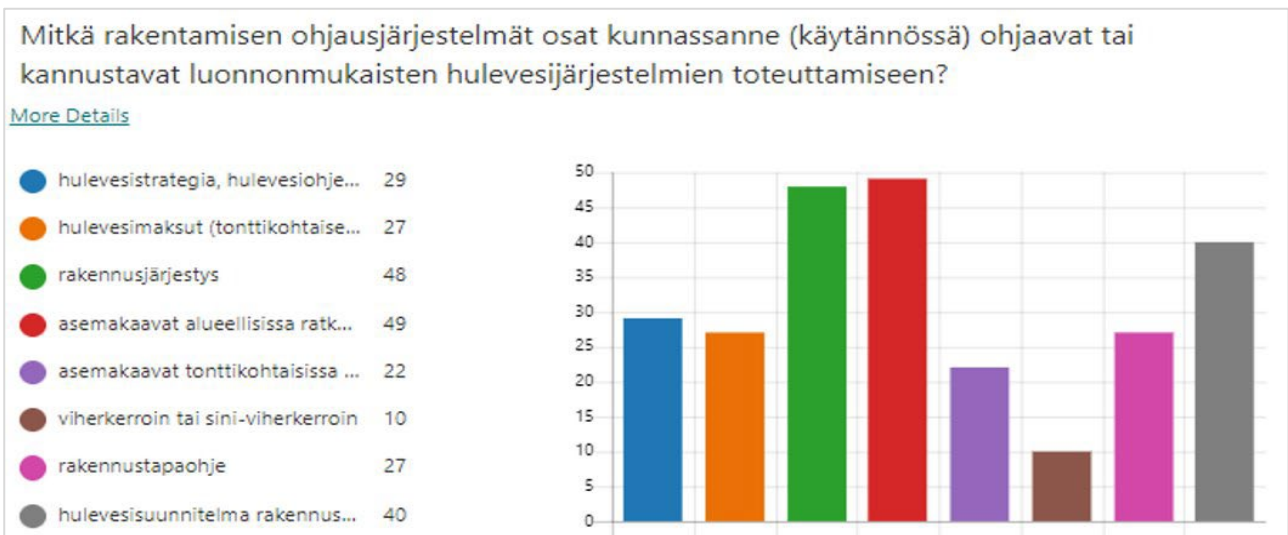
Kunnilta kysyttiin mitkä ohjausjärjestelmät ohjaavat tai kannustavat luonnonmukaisten hulevesijärjestelmien toteuttamiseen.

8. Mitkä rakentamisen ohjausjärjestelmät osat kunnassanne (käytännössä) ohjaavat tai kannustavat luonnonmukaisten hulevesijärjestelmien toteuttamiseen? \*

Vastaa kaikki ne, joissa luonnonmukaiset tai hajautetut järjestelmät korostuvat

- hulevesistrategia, hulevesiohjelma tmv. kuntatasoinen linjaus
- hulevesimaksut (tonttikohtaiseen käsittelyyn ohjaaminen)
- rakennusjärjestys
- asemakaavat alueellisissa ratkaisuisa (viilyttävät, imeyttävät tai suodattavat rakenteet)
- asemakaavat tonttikohtaisissa ratkaisuisa (esim. sadepuutarhat, viherkatot)
- viherkerroin tai sini-viherkerroin
- rakennustapaohje
- hulevesisuunnitelma rakennusluvan edellytyksenä

Vaihtoehdoista korkeimmalle nousivat asemakaavat alueellisissa ratkaisuisa ja rakennusjärjestys. Myös hulevesisuunnitelman vaatiminen rakennusluvan edellytyksenä nähtiin vahvana vaikutuskeinona. Viher- tai siniviherkerroin von käytössä vain harvassa kunnassa.



### 2.2.3 Hulevesimaksu

Hulevesimaksusta kysyttiin kolmella kysymyksellä:

9. Kerätäänkö kunnassanne erillistä hulevesimaksua? \*

kyllä  
 ei  
 suunnitteilla  
 on ollut, mutta siitä on luovuttu

10. Mihin tekijöihin hulevesimaksun määräytyminen perustuu?

	kyllä	osittain	ei
tontin käyttötarkoituksiluokitus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
tontin pinta-ala	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
tontin kerrosala	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
viherpeittelysyyden määrä maksua alentavana tekijänä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
tonttikohtaiset ratkaisut (huleveden määrän väheneminen tai laadun parantaminen) maksua alentavana tekijänä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
todetut haitat maksua korottavana tekijänä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
muu peruste maksun alentamiselle	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

11. Mikäli hulevesimaksussa ei ole kannustavuutta tonttikohtaisiin ratkaisuihin, miksi ei?



Lähes puolet vastaajien kunnista kerää hulevesimaksu ja toinen puolikas ei. Kahdella paikkakunnalla maksu on suunnitteilla, ja kahdessa siitä on luovuttu.

Kunnan koko maksun keräämisessä ei ollut merkittävä muuttuja: maksua kerääviä kuntia oli kaiken kokoisissa kunnissa.

Hulevesimaksu perustuu useimmiten tontin käyttötarkoitukseen. Myös tontin pinta-alaa käytetään yleisesti. Sen sijaan tonttikohtaiseen käsittelyyn kannustavia tekijöitä, kuten viherpeitteisyyttä, toteutettuja tonttikohtaisia rakenteita tai todettuja haittoja käytetään määräytymisperusteena vain harvassa kunnassa.



Tonttikohtaisen kannustavuuden puutetta perusteltiin mm. seuraavasti:

- "Asiaa ei ole mietitty ihan loppuun asti eikä erityisesti ympäristön kannalta"
- "Hulevesimaksu kunnassa on uusi asia. Asia vaatisi kehittämistä ja tonttikohtaiset arvioinnit resursseja"
- "Hulevesimaksun määräytymisperusteet on määritelty ennen kuin tonttikohtaisia ratkaisuja on suuremmissa määrin vaadittu missään"
- "Hulevesimaksu ensimmäistä vuotta käytössä, järjestelmästä ei ole haluttu luoda liian monimutkaista"
- "Ei ole keksitty vielä hyvää ratkaisua"

Vastauksista ilmenee se, että vaikka halua kannustavuuteen olisikin, on haluttu yksinkertaista tai ei ole keksitty hyvää systeemiä.

Kaupungin koolla ei ollut vaikutusta siihen, onko maksussa kannustavuutta tai ei.



## 2.2.4 Rakentamisen aikaisten hulevesien ohjaus

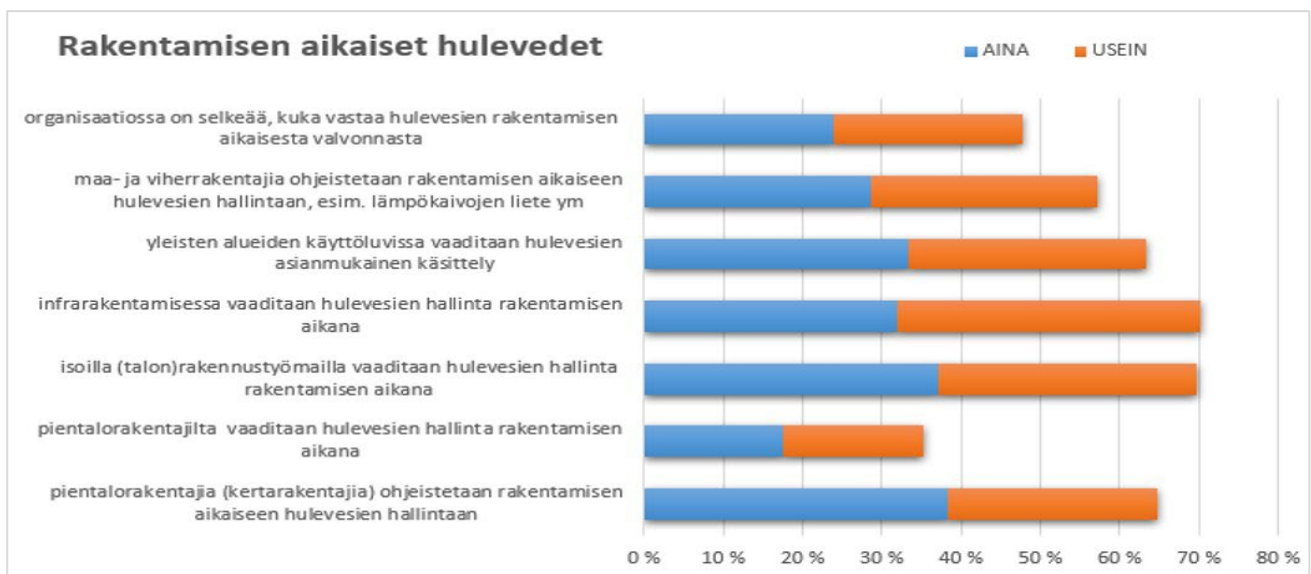
Hulevesien rakentamisen aikaisesta käsittelystä kysyttiin Likert-tyyppisellä väittämillä:

12. Miten rakentamisen aikaisia hulevesiä ohjataan kunnassanne? \*

	aina	usein	joskus	ei koskaan	en tiedä
pientalorakentajia (kertarakentajia) ohjeistetaan rakentamisen aikaiseen hulevesien hallintaan	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
pientalorakentajilta vaaditaan hulevesien hallinta rakentamisen aikana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
isoilla (talon)rakennustyömailla vaaditaan hulevesien hallinta rakentamisen aikana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
infrarakentamisessa vaaditaan hulevesien hallinta rakentamisen aikana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
yleisten alueiden käyttöluvuissa vaaditaan hulevesien asianmukainen käsittely	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
maa- ja viherrakentajia ohjeistetaan rakentamisen aikaiseen hulevesien hallintaan, esim. lämpökaivojen liete ym	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
organisaatiossa on selkeää, kuka vastaa hulevesien rakentamisen aikaisesta valvonnasta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Vastausten perusteella voi todeta, että parhaiten rakentamisen aikaiset hulevedet ovat hallinnassa infratyömailla ja isoilla talonrakennustyömailla -ainakin teoriassa, sillä näihin vaaditaan rakentamisen aikainen hulevesien hallinta joko aina tai usein noin 2/3 osassa vastauksista. Pientalotyömailla asiaan kiinnitetään huomiota puolta vähemmän, mutta kertarakentajia kuitenkin ohjeistetaan melko yleisesti.

Isona huomiona vastauksista nousee esiin se, että organisaation sisällä vastuutahot ovat huonosti selvillä, sillä vain reilu 20 % vastaajista koki, että valvontataho on aina selvillä.



### 2.2.5 Toteutetun rakenteen seuranta

13. Miten toteutettua hulevesirakennetta, sen toimintaa ja kunnossapitoa, seurataan kunnassanne kohteen valmistumisen jälkeen? \*  
Mieti kohteena esimerkiksi suodatusallasta tai muuta veden laatua parantamaan tehtyä rakennetta.

	kyllä, aina	lähies aina	joskus	ei lainkaan	en tiedä
kunnossapitoa varten on tehty hoitokortti tai muu kohdekohtainen suunnitelma	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
rakenteen kunnossapito on säännöllistä ja suunnitelmallista	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
kunnossapitotoimista tehdään kirjaukset	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
rakenteen läpi kulkeneen veden (suotoveden) laadun seurantaan on tehty suunnitelma	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
suotoveden laatua seurataan säännöllisesti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
laatumittauksista pidetään kirjaa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
tarvittaviin korjaustoimiin ryhdytään viivyttelemättä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
rakenteen kunnossapidon vastuutaho on selkeä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Kun kysyttiin, miten toteutettua hulevesirakennetta seurataan valmistumisen jälkeen, oli vastausten grafiikka seuraava:



Tiivistetysti voi todeta, että seuranta on varsin vähän, eikä se ole kovin systemaattista. Kunnossapitoa toteutetaan, mutta ei välttämättä kovin suunnitellusti. Suotoveden laatua seurataan lähinnä satunnaisesti.

Kokonaisuuden kannalta olisi tärkeää, että toteutetuista rakenteista saataisiin seurantatietoa, siitä olisi hyötyä myös rakenteiden jatkokehityksen ja tiedon lisäämisen kannalta.

## 2.3 Keskeisimmät koetut ongelmat hulevesirakenteen elinkaarissa

Kysymyksillä 14–17 selvitettiin, minkälaisia haasteita tai ongelmia esiintyy hulevesirakenteen elinkaaren eri vaiheissa.

**Haasteet ja ongelmat luonnonmukaisten hulevesirakenteiden elinkaarissa**  
 Kerro eri vaiheisiin liittyen (kysymykset 14-17), mitkä ovat sinun näkökulmastasi keskeisimmät haasteet tai ongelmat. Mieti kokonaisuutta: osaamista, sidosryhmiä, fyysistä tilaa, ohjausjärjestelmiä, resursseja, saatavuutta yms.

14. Mitkä ovat keskeisimmät tunnistamasi haasteet tai ongelmat ALUE- tai YLEISSUUNNITTELUN vaiheessa? Nimeä kolme tärkeintä.

15. Mitkä ovat keskeisimmät tunnistamasi haasteet tai ongelmat TOTEUTUSSUUNNITTELUN vaiheessa? Nimeä kolme tärkeintä.

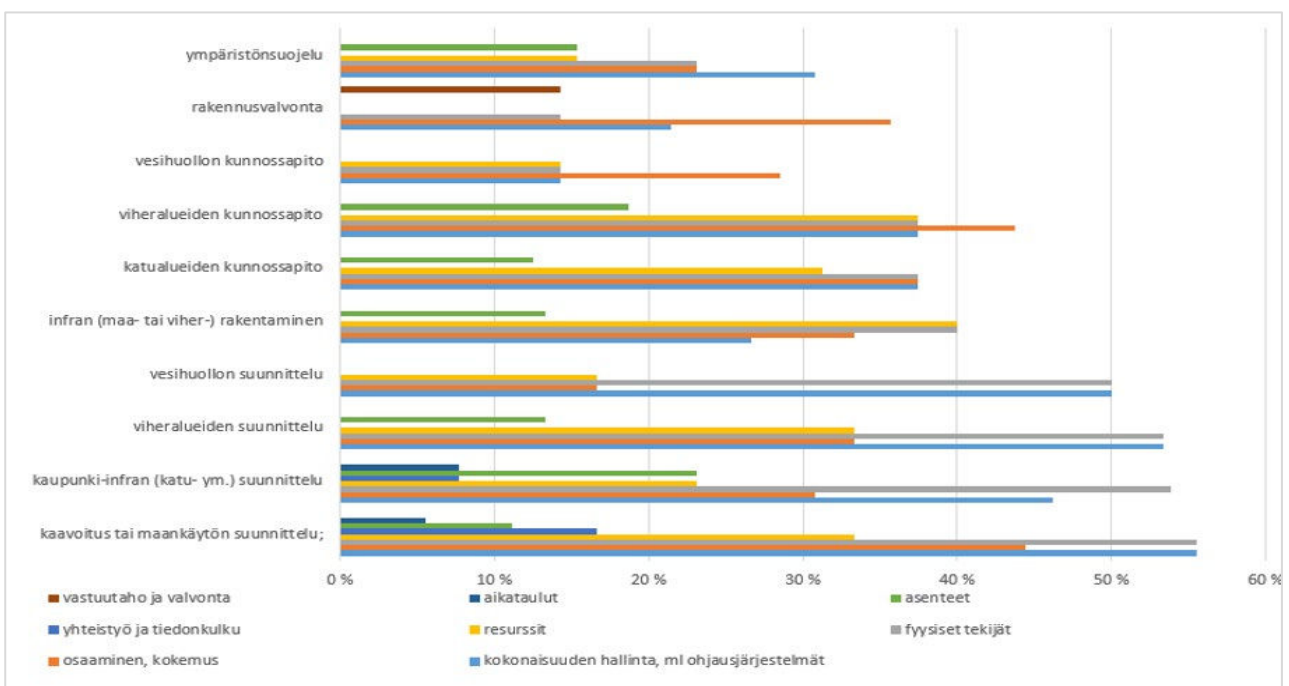
16. Mitkä ovat keskeisimmät tunnistamasi haasteet tai ongelmat RAKENNUTTAMISESSA ja/tai RAKENTAMISEN aikana? Nimeä kolme tärkeintä.

17. Mitkä ovat keskeisimmät tunnistamasi haasteet tai ongelmat valmiin hulevesirakenteen KUNNOSSAPIDOSSA? Nimeä kolme tärkeintä. Mieti erilaisia imeyttäviä, viivyttäviä tai suodattavia pintapainanteita ja alaita, kaovipeitteellä tai ilman.

Avoimet vastaukset lajiteltiin ryhmiin seuraavan taulukon mukaisesti. Samassa taulukossa saadut vastaukset/ kpl eri elinkaaren vaiheissa:

LYH	haaste- / ongelmaryhmä	Yleissuun.-vaihe (kys 14)	Tot.suun.-vaihe (kys 15)	Rakentamis-vaihe (kys 16)	Kunnossapito-vaihe (kys 17)
kok	ohjausjärjestelmät/ kokonaisuuden hallinta	26	20	15	23
o	tiedon, osaamisen ja kokemusten puute	25	24	24	20
f	fyysiset tekijät/reunaehdot	27	19	9	9
r	resurssivaje	15	9	6	17
y	yhteistyön ja tiedonkulun puutteet	4	8	11	9
as	asenteet	6	7	8	5
at	aikataulut	2	3	6	0
vv	vastuunjako/ valvonta	2	3	7	4

Näistä tehtiin ristiintaulukointia, tavoitteena oli selvittää kokevatko eri ammattiryhmät haasteet samoin vai löytyykö eroja. Seuraavassa taulukossa yleissuunnitteluvaiheessa ammattiryhmittäin koetut haasteet:



YLEISsuunnitteluvaiheessa isoimmat ongelmat ovat kokonaisuudenhallinta, fyysisen tilan haasteet ja riittämätön osaaminen.

	25 %	22 %	25 %	17 %	2 %	7 %	1 %	1 %
	kok	o	f	r	y	as	at	vv
kaavoitus tai maankäytön suunnittelu;	56 %	44 %	56 %	33 %	17 %	11 %	6 %	0 %
kaupunki-infran (katu- ym.) suunnittelu	46 %	31 %	54 %	23 %	8 %	23 %	8 %	0 %
viheralueiden suunnittelu	53 %	33 %	53 %	33 %	0 %	13 %	0 %	0 %
vesihuollon suunnittelu	50 %	17 %	50 %	17 %	0 %	0 %	0 %	0 %
infran (maa- tai viher-) rakentaminen	27 %	33 %	40 %	40 %	0 %	13 %	0 %	0 %
katualueiden kunnossapito	38 %	38 %	38 %	31 %	0 %	13 %	0 %	0 %
viheralueiden kunnossapito	38 %	44 %	38 %	38 %	0 %	19 %	0 %	0 %
vesihuollon kunnossapito	14 %	29 %	14 %	14 %	0 %	0 %	0 %	0 %
rakennusvalvonta	21 %	36 %	14 %	0 %	0 %	0 %	0 %	14 %
ympäristönsuojelu	31 %	23 %	23 %	15 %	0 %	15 %	0 %	0 %
joku muu	100 %	50 %	75 %	25 %	0 %	0 %	0 %	0 %

Tämä on myös yleisesti suunnittelutyötä tekevien arvio, kunnossapidon ja rakentamisen parissa työskentelevät kokevat isoksi haasteeksi myös resurssit. Rakennusvalvonta oli ainoa taho, joka näki yleissuunnitteluvaiheen haasteita myös vastuutahoissa ja valvonnassa.

Myös TOTEUTUSsuunnitteluvaiheessa yleisimmät ongelmat ovat kokonaisuudenhallinta, fyysisen tilan haasteet ja riittämätön osaaminen.

	25 %	28 %	20 %	8 %	10 %	5 %	2 %	1 %
	kok	o	f	r	y	as	at	vv
kaavoitus tai maankäytön suunnittelu;	44 %	39 %	22 %	17 %	17 %	11 %	11 %	6 %
kaupunki-infran (katu- ym.) suunnittelu	54 %	62 %	62 %	15 %	23 %	8 %	0 %	0 %
viheralueiden suunnittelu	60 %	53 %	47 %	7 %	27 %	7 %	0 %	0 %
vesihuollon suunnittelu	17 %	17 %	50 %	17 %	17 %	17 %	17 %	0 %
infran (maa- tai viher-) rakentaminen	40 %	40 %	33 %	13 %	13 %	7 %	0 %	0 %
katualueiden kunnossapito	56 %	56 %	25 %	13 %	19 %	6 %	0 %	0 %
viheralueiden kunnossapito	44 %	63 %	19 %	13 %	19 %	13 %	0 %	0 %
vesihuollon kunnossapito	29 %	43 %	14 %	14 %	14 %	14 %	0 %	0 %
rakennusvalvonta	14 %	29 %	36 %	7 %	0 %	0 %	0 %	7 %
ympäristönsuojelu	23 %	31 %	8 %	8 %	8 %	15 %	0 %	8 %
joku muu	50 %	25 %	100 %	50 %	0 %	0 %	25 %	0 %

Asioiden keskinäinen järjestys on kuitenkin toinen, ykköseksi nousee osaaminen, joka on yleissuunnitteluvaiheen kolmonen.

Yhteistyön ja tiedonkulun (y) puutteet koetaan toteutusvaiheessa yleissuunnittelua suurempina.

RAKENTAMISvaiheessa yleisin ongelma on riittämätön osaaminen ja kakkosena kokonaisuuden hallinta. Loput ryhmät ovat varsin tasoissa 7-10 % osuuksilla. Rakentamisen kohdalla asenteet, aikataulut sekä vastuut ja valvonta tuottavat enemmän haastetta kuin suunnitteluvaiheessa.

Suunnittelun parissa työskentelevät näkevät resurssit selkeästi suurempina haasteena (13-23%) kuin rakentamisen ja kunnossapidon parissa työskentelevät (0-7%), jotka puolestaan kokevat aikatauluhaasteita eniten. Erityisesti rakennusvalvontaa haastavat asenteet (29%).

	20 %	29 %	10 %	7 %	8 %	10 %	9 %	7 %
	kok	o	f	r	y	as	at	vv
kaavoitus tai maankäytön suunnittelu;	22 %	39 %	6 %	22 %	22 %	17 %	11 %	17 %
kaupunki-infran (katu- ym.) suunnittelu	38 %	54 %	31 %	23 %	8 %	15 %	15 %	15 %
viheralueiden suunnittelu	33 %	53 %	20 %	13 %	27 %	13 %	13 %	7 %
vesihuollon suunnittelu	0 %	33 %	33 %	17 %	0 %	0 %	17 %	0 %
infran (maa- tai viher-) rakentaminen	33 %	47 %	27 %	7 %	13 %	7 %	20 %	0 %
katualueiden kunnossapito	38 %	44 %	13 %	6 %	6 %	13 %	19 %	6 %
viheralueiden kunnossapito	38 %	50 %	13 %	6 %	13 %	19 %	19 %	6 %
vesihuollon kunnossapito	14 %	43 %	0 %	0 %	0 %	0 %	29 %	0 %
rakennusvalvonta	21 %	43 %	7 %	0 %	21 %	29 %	0 %	14 %
ympäristönsuojelu	23 %	15 %	0 %	8 %	0 %	8 %	0 %	23 %
joku muu	50 %	25 %	50 %	0 %	0 %	50 %	0 %	50 %

KUNNOSSAPIDOSSA selkeästi isoimmaksi ongelmaksi on koettu kokonaisuuden hallinta, toisena on riittämätön osaaminen ja kolmantena resurssien vähyys.

Monessa vastauksessa tulee ilmi kunnossapidon kannalta toimimattomat/vaikeat rakenteet, minkä voi nähdä suunnitteluvaiheen osaamattomuutena sekä yhteistyön ja tiedonkulun puutteena.

	29 %	23 %	9 %	21 %	9 %	7 %	0 %	2 %
	kok	o	f	r	y	as	at	vv
kaavoitus tai maankäytön suunnittelu;	44 %	28 %	6 %	22 %	6 %	11 %	0 %	11 %
kaupunki-infran (katu- ym.) suunnittelu	62 %	31 %	8 %	38 %	8 %	15 %	0 %	0 %
viheralueiden suunnittelu	67 %	47 %	20 %	33 %	13 %	13 %	0 %	0 %
vesihuollon suunnittelu	33 %	17 %	0 %	50 %	17 %	0 %	0 %	0 %
infran (maa- tai viher-) rakentaminen	53 %	40 %	13 %	27 %	20 %	13 %	0 %	0 %
katualueiden kunnossapito	56 %	44 %	19 %	38 %	19 %	13 %	0 %	0 %
viheralueiden kunnossapito	25 %	50 %	19 %	44 %	25 %	13 %	0 %	0 %
vesihuollon kunnossapito	14 %	14 %	29 %	29 %	0 %	14 %	0 %	0 %
rakennusvalvonta	21 %	29 %	14 %	14 %	14 %	7 %	0 %	7 %
ympäristönsuojelu	46 %	23 %	0 %	31 %	8 %	8 %	0 %	8 %
joku muu	25 %	50 %	25 %	25 %	0 %	0 %	0 %	0 %

Yhteistyön ja tiedonkulun ongelmat rasittivat etenkin kunnossapitäjiä. He eivät vastausten perusteella aina saa riittäviä hoito-ohjeita uusista rakenteista eikä rakenteen elinkaaren kunnossapito välttämättä muutenkaan ole selkeä.

Yleisenä huomiona elinkaaren haasteista on todettava, että vastuutahojen epäselvyyden tai valvonnan ongelmat nousivat yleisimmin huolenaiheiksi valvovien viranomaisten, eli ympäristönsuojelun ja rakennusvalvonnan vastauksissa. Yhteistyön ja tiedonkulun näkivät ongelmaksi eniten kaavoittajat ja viheraluesuunnittelijat.

Avoimista vastauksista ilmeni myös se, ettei kunnossapidossa ilmenevistä haasteista tieto tai edes kuntalaisten palaute kulje suunnittelutahoille, varsinkaan kaavoitukseen asti. Tärkeää olisi siis lisätä organisaation sisäistä vuoropuhelua ja myös selkeyttää vastuutahoja ja valvonnan roolitusta.

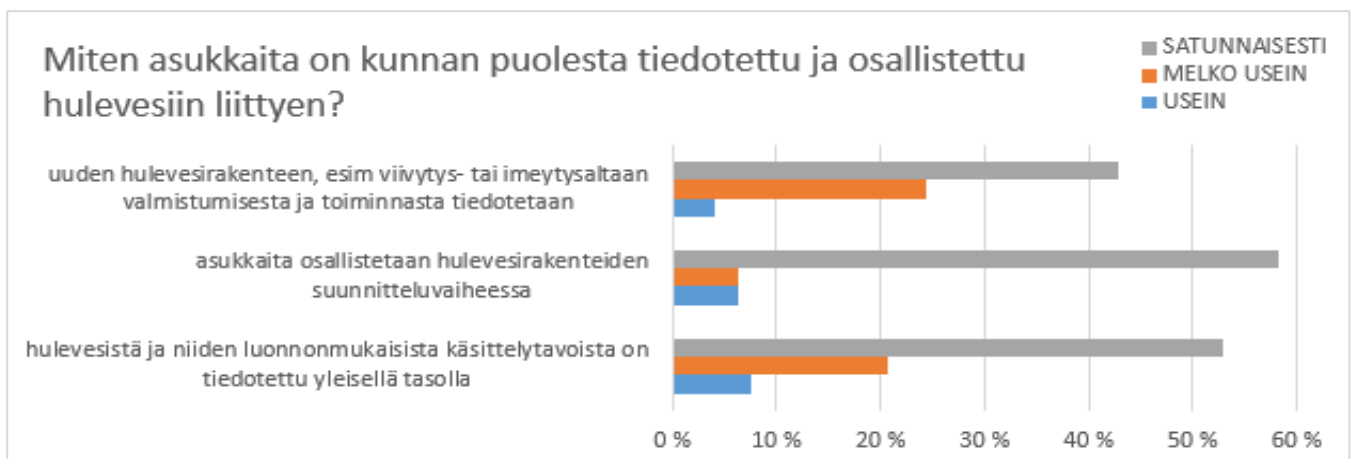
## 2.4 Hulevesi ja asukkaat

Osallistamista, tiedottamista ja asukkaiden asenteita kartoitettiin muutamalla kysymyksellä.

### 2.4.1 Asukkaiden tiedotus

18. Miten asukkaita on kunnan puolesta tiedotettu ja osallistettu hulevesiin liittyen? \*

	usein	melko usein	satunnaisesti	ei lainkaan	en tiedä
hulevesistä ja niiden luonnonmukaisista käsittelytavoista on tiedotettu yleisellä tasolla	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
asukkaita osallistetaan hulevesirakenteiden suunnitteluvaiheessa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
uuden hulevesirakenteen, esim viivytys- tai imeytysaltaan valmistumisesta ja toiminnasta tiedotetaan	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

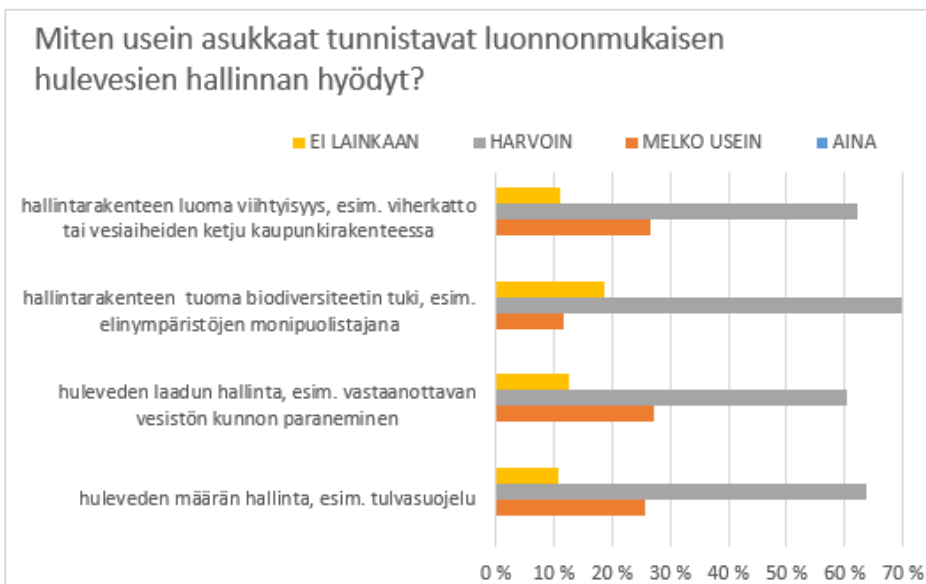


Vastausten perusteella säännöllinen tiedottaminen on vähäistä ja etenkin suunnitteluvaiheen osallistamista tehdään vähän.

## 2.4.2 Kuntalaisten tietoisuus hulevesistä

19. Miten usein asukkaat tunnistavat luonnonmukaisen hulevesien hallinnan hyödyt? \*

	aina	melko usein	harvoin	ei lainkaan	en tiedä
huleveden määrän hallinta, esim. tulvasuojelu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
huleveden laadun hallinta, esim. vastaanottavan vesistön kunnon paraneminen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
hallintarakenteen tuoma biodiversiteetin tuki, esim. elinympäristöjen monipuolistajana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
hallintarakenteen luoma viihtyisyys, esim. viherkatto tai vesiaiheiden ketju kaupunkirakenteessa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



Vastauksista alle 30 % tunnisti asukkaiden tiedostavan hulevesihallinnan hyötyjä edes melko usein, aina- vastauksia ei saatu yhteenkään väittämään.

Viihtyisyystekijöitä, tulvasuojelua ja vesistön laadun parantumista tunnistettiin parhaiten, biodiversiteetti-hyötyjä heikoiten.

### 2.4.3 Saatu palaute

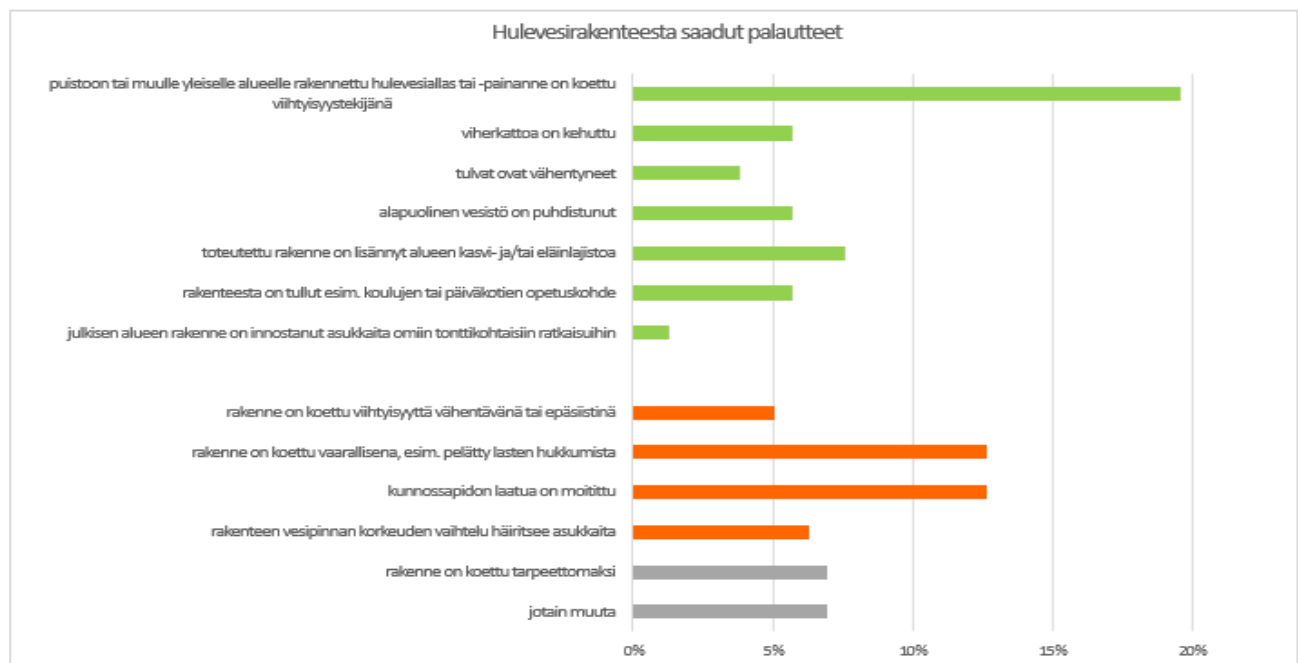
Hulevesirakenteista saatua palautetta kysyttiin kahdella kysymyksellä, väittämällä ja avoimella kysymyksellä.

20. Minkälaista asukaspalautetta toteutetuista hulevesirakenteista on saatu? \*

Mieti erityisesti maan päällä olevia näkyviä rakenteita. Valitse kaikki sopivat

- puistoon tai muulle yleiselle alueelle rakennettu hulevesiallas tai -painanne on koettu viihtyisyystekijänä
- viherkattoa on kehitetty
- tulvat ovat vähentyneet
- alapuolinen vesistö on puhdistunut
- toteutettu rakenne on lisännyt alueen kasvi- ja/tai eläinlajistoa
- rakenteesta on tullut esim. koulujen tai päiväkotien opetuskohte
- julkisen alueen rakenne on innostanut asukkaita omiin tonttikohtaisiin ratkaisuihin
- rakenne on koettu viihtyisyyttä vähentävänä tai epäsiistinä
- rakenne on koettu vaarallisena, esim. pelätty lasten hukkumista
- kunnossapidon laatua on moitittu
- rakenteen vesipinnan korkeuden vaihtelu häiritsee asukkaita
- rakenne on koettu tarpeettomaksi
- jotain muuta

21. Mitä muuta palautetta luonnonmukaisista hulevesirakenteista on saatu ?



Vastausten perusteella positiivista (78 kpl) (vihreät) ja negatiivista (punaiset) tai neutraalia (harmaat) (yhteensä 80 kpl) palautetta on saatu suunnilleen yhtä paljon. Prosenttiosuudet ovat väitteen osuus kaikista vastauksista.

Positiivisissa palautteissa korostuu rakenteen kokeminen viihtyisyystekijänä, negatiivisissa eniten vastauksissa korostuu rakenteen kokeminen vaaralliseksi ja moitteet kunnossapidosta. Osa on kokenut rakenteen tarpeettomana, mikä voi viitata siihen, ettei asukkailla ole riittävästi tietoa hulevesien aiheuttamista haitoista.

Avoimissa vastauksissa oli mm. seuraavia:



- Ymmärretty, että hulevesien imeyttäminen on tärkeää pohjavedelle
- Palaute ohjautuu harvoin kaavoittajalle, en siis tiedä
- Palautteet menevät toisaalle, en saa niitä kaavoitukseen
- Lähinnä tullut valituksia hulevesimaksuista omaan korvaani.
- Hulevesirakenteen suunnitelmaa sijoittaa rakenne vesialueelle on moitittu, ei ole toteutettu vielä.
- Merkitystä ei ymmärretä, "arkkitehtien haihattelua", viherpiiperrystä.
- Tarpeetonta rahojen tuhlausta.
- Palautetta tulee erittäin vähän tai se ei kohdistus hulevesiasioihin, eli ei välttämättä ollenkaan tunnisteta syy-seuraussuhteita, kuntalaiselle on tärkeintä toimivuus, eli jos kaikki toimii ei tule palautetta
- Olemassa olevista tulee negatiivista palautetta tai sitten siitä, ettei rakennetta ole. (positiivinen palaute lieneekin utopiaa kaupungissa)
- Järjestelmän oikeaa toimivuutta on vaikea seurata. Järjestelmän lyhyttä käyttöikää pelätään jos korjaukset aiheuttavat kustannuksia.
- Ei ole saatu palautetta. Osa asukkaista ymmärtää. Suurin osa ei kommentoi
- Positiivista palautetta

## MAANÄYTTEENOTTOMENETELMÄ IMEYTTÄVÄN HULEVESIRAKENTEEN LIETTUMISEN JA TUKKEUTUMISEN SEURANTAAN

HULVATTU-hankkeessa kehitetty maanäytteenottomenetelmä pohjautuu Eurofins Viljavuuspalvelu Oy:n ohjeistukseen, jota on hankkeessa kehitetty soveltumaan imeyttävien hulevesirakenteiden näytteenottoon, erityisesti kun seurataan niiden ikääntymistä ja hienojakoisen kiintoaineen kertymistä pintakerroksen rakenteisiin (eng. clogging).



**Kuva 1.** Näytteenotto-ohjeita Eurofins Viljavuuspalvelu Oy:n ohjeeseen pohjautuen

- Näyte otetaan rakenteesta hajapistemenetelmällä, eli useasta pisteestä osanäytteitä mahdollisimman kattavasti eri puolilta rakennetta. Näytteenottoa on oltava vähintään 8, mutta käytännössä näytteitä on otettava kymmeniä, jotta saadaan tarvittava määrä maanäytettä tutkimusta varten. Näytteet kerätään erilliseen astiaan, sekoitetaan ja tästä sekoituksesta otetaan tarvittava määrä (vähintään 5 dl, suositus 1 l) näytettä tutkimusta varten.
- Näyte otetaan lähtökohtaisesti rakenteen alimmalta tasolta (pohjalta), jonne oletettavasti kertyy eniten vettä ja sen mukana tulevaa kiintoainetta.
  - Mikäli rakenne on vesipintainen tai niin vettynyt, ettei näytettä voida ottaa pohjalta (ei pysy kairassa), valitaan näytteenottokohdat juuri vesipinnan yläpuolelta vesirajan tuntumasta.
  - Mikäli kohteessa on katekangas, otetaan näytteet kankaan aukoista istutetun kasvin tyveltä. Tällöinkin valitaan näytteenottokohdat mahdollisimman pohjalta.
- Näytteenottosyvyys on valittava tapaus- ja tutkimuskohtaisesti, joko:
  - koko kasvualustakerroksen paksuus, vaihtelee istutettujen kasvien mukaan
  - kairan syvyydeltä, eli noin 25 cm
  - suodatinkankaisessa rakenteessa suodatinkankaan yläpuolisesta kerroksesta niin, ettei kangasta puhkaista
  - vain pintakerroksesta 10–15 cm, mikäli halutaan seurata pääosin pinnan liettymistä

Oleellista on perustella näytteenottosyvyys ja vakioida se. Mikäli samaa kohdetta seurataan ajan kuluessa, on näytteenottosyvyys ja tapa oltava samanlainen kerrasta toiseen. Näytteenottomenetelmä dokumentoidaan kohteen tietoihin.

- Näyte otetaan mieluiten maanäytekairalla. Sillä saadaan helpoiten edustava leikkaus koko tutkittavan kerroksen paksuudesta.



- Mikäli maanäytekairaa ei ole käytössä tai sen käyttö ei onnistu (esimerkiksi maan aines ei pysy kairassa), voidaan näyte ottaa myös pistolapiolla siten, että painetaan pistolapio lavan syvyyteen, käännetään lapaa ja otetaan näyte kaivupinnasta esimerkiksi istutuslapiolla pystysuorana viiltona/ leikkeenä koko kerroksen paksuudelta. Oleellista on, että koko kerrospaksuus on tasaisesti näytteessä mukana.
- Mahdollinen katemateriaali tai kasvijäte siirretään pois näytteenottokohdalta ennen maanäytekairan painamista maahan. Katetta siirrettäessä on kuitenkin varottava, ettei pinnassa olevaa hienoaainesta poisteta samalla.

Näyte pakataan ja toimitetaan tutkittavaksi tutkivan organisaation ohjeen mukaisesti. Näytteestä tutkitutetaan ainakin hehkutushäviö ja rakeisuuskäyrä.

Tulosten analysoinnissa tutkittua näytettä verrataan alkuperäiseen kasvualustaan (ja aiempiin näytteisiin). Näytteen ja alkuperäisen kasvualustan rakeisuuskäyriä vertaamalla saadaan selville ajan myötä rakenteeseen kertynyt kiintoaines.

Samaa rakennetta tulisi seurata ajan kuluessa säännöllisesti– näin saadaan luotettavasti selville kiintoaineen kertymisnopeus ja siihen vaikuttavat tekijät. Näitä tietoja voidaan hyödyntää sekä kyseisen rakenteen huoltotoimia määritellessä että uusia rakenteita suunnitellessa.

[https://cdnmedia.eurofins.com/european-east/media/1818642/viherrakentaminen2016\\_ver2\\_tausta.pdf](https://cdnmedia.eurofins.com/european-east/media/1818642/viherrakentaminen2016_ver2_tausta.pdf)

# **Biohiilen testaus jätteidenkäsittelyalueen hule- ja suotovesien laadunhallinnassa**

HULVATTU-hanke

Osaraportti, TP B

Josefiina Ruponen, Joni Niemi, Maritta Kymäläinen, Outi Tahvonen

Hämeen ammattikorkeakoulu Oy (HAMK)

Hämeenlinna 2023

# Sisällys

<b>1. Johdanto</b> .....	<b>1</b>
1.1. Biohiili hulevesien suodatusratkaisuissa .....	1
1.2. Tutkimuksen tausta ja tavoitteet .....	1
<b>2. Toteutus</b> .....	<b>2</b>
2.1. Karanojan jätteidenkäsittelyalueen tasausallas .....	2
2.2. Kenttämittakaavan suodatuskokeet.....	3
2.2.1. Konttisuodattimet .....	3
2.2.2. Kenttäkokeiden näytteenotto ja analyysit .....	5
2.3. Laboratoriomittakaavan suodatuskoe .....	6
<b>3. Tulokset ja niiden tarkastelua</b> .....	<b>7</b>
3.1. Kenttämittakaavan suodatuskokeet.....	7
3.1.1. Konttisuodattimien elinkaari .....	7
3.1.2. Vedenlaatu .....	9
3.1.3. Typpi .....	10
3.1.4. Fosfori.....	13
3.1.5. Kemiallinen hapenkulutus (COD) ja kiintoaine.....	16
3.1.6. Metallit .....	20
3.2. Laboratoriomittakaavan suodatuskoe .....	20
<b>4. Yhteenveto ja johtopäätökset</b> .....	<b>23</b>
<b>5. Kirjallisuus</b> .....	<b>24</b>

# 1. Johdanto

## 1.1. Biohiili hulevesien suodatusratkaisuissa

Hulevesien aiheuttamat ongelmat mm. kaupunki-, taajama- ja teollisuusalueilla on herättänyt viime vuosina yhä enemmän keskustelua. Hulevedet voivat sisältää huomattavia määriä rehevöittäviä ravinteita, kiintoainesta, taudinaiheuttajia sekä erilaisia haitta-aineita. Siitä huolimatta monessa paikassa hulevedet ohjataan yhä käsittelemättöminä suoraan vesistöihin. Lisäksi kaupungistumiskehityksen ja ilmastonmuutoksen myötä hulevesien aiheuttamat haasteet tulevat entisestään lisääntymään. Biohiili voisi olla yksi potentiaalinen lisä keinovalikoimaan, jolla ratkotaan hulevesihaasteita.

Biohiiltä on paljon testattu yleisesti Suomessa kaupunkien ja taajama-alueiden hulevesien käsittelyratkaisuissa. Sen tarkoituksena on lisätä suodattimen puhdistuskapasiteettia ja sitä kautta ehkäistä tehokkaammin hulevesien sisältämien ravinteiden ja haitta-aineiden kulkeutumista vesistöihin. Biohiiltä käytetään yleisesti kaupunkialueilla myös viheralueiden maanparannusaineena, kun esimerkiksi katujen varsille istutetaan kaupunkipuita. (Bioenergia, 2022)

Hulevesisuodatinten käytössä on esiintynyt monia haasteita, kuten suodatinten tukkeutumista suuren kiintoainekuorman vuoksi tai virtaamakapasiteetin riittämättömyyttä. Lisäksi biohiiltä sisältävien hulevesisuodatinten puhdistustulokset ovat olleet ristiriitaisia. Biohiilien laatuerot saattavat olla yksi syy tulosten vaihtelevuuteen. Biohiilessä ei nimittäin ole kyse yhdestä samasta materiaalista, vaan kunkin biohiilen ominaisuuksiin vaikuttaa käytetty raaka-aine, mahdolliset lisäaineet sekä valmistusprosessin olosuhteet. (Elo, 2020, ss. 10, 14)

Biohiiltä valmistetaan pyrolyysimenetelmällä kuumentamalla biopohjaista materiaalia korkeassa lämpötilassa hapettomissa olosuhteissa. Näin raaka-aineena käytetyn biomassan sisältämästä hiilestä merkittävä osa sitoutuu prosessissa hyvin pysyvään muotoon, mikä hillitsee ilmastonmuutosta edistäviä hiilipäästöjä. (Bioenergia, 2022) Biohiili pystyy huokoisuutensa ansiosta pidättämään kokoonsa suhteutettuna huomattavia määriä vettä, kiintoainetta, ravinteita sekä muita yhdisteitä, minkä vuoksi sen toimivuutta on paljon testattu hulevesien suodatusratkaisuissa. Vaikka tulokset ovat ristiriitaisia, biohiilellä on ehdottomasti potentiaalia olla osana hulevesiratkaisuja, mutta tutkimusta tarvitaan lisää. (Bioenergia, 2022)

## 1.2. Tutkimuksen tausta ja tavoitteet

Jätteidenkäsittelyalueiden ja erityisesti vanhojen kaatopaikkojen suotovedet edustavat hulevesien likaisinta ääripäätä. Maailmalla ja etenkin Suomessa biohiilen käyttöä kaatopaikkojen suotovesien käsittelyssä on tutkittu vasta vähän. Osana Hämeen ammattikorkeakoulussa (HAMK) toteutettavaa hanketta, nimeltä Huleveden hallinta kaupunkivaluma-aluepäätöisessä turvallisuussuunnittelussa (HULVATTU 2021-2023), tutkittiin biohiilen potentiaalia jätteidenkäsittelyalueen hule- ja suotovesien käsittelyssä (HAMK, 2023). Hanketta rahoittaa Suomen ympäristöministeriö vesiensuojelun tehostamisohjelmasta.

Aiemmassa HAMKin hankkeessa (Biohiilestä bisnestä Hämeeseen, EAKR, 2018–2020) toteutettiin laboratoriotason suodatuskokeita, joissa testattiin kahden erilaisen biohiilen toimivuutta jätteidenkäsittelyalueen suotoveden suodattamisessa. Suotovenenä käytettiin paikallisen Hämeenlinnan Karanojan jätteidenkäsittelyalueen suotoaltaan vettä. Jätevesilietepohjaista ns. lietehiiltä sisältävä hiekkasuodatin osoittautui merkittävästi tehokkaammaksi kuin puupohjaista biohiiltä sisältävä hiekkasuodatin tai pelkkä hiekkasuodatin suotoveden käsittelyssä. Lietehiiltä sisältävällä

hiekkasuodattimella onnistuttiin saavuttamaan jopa n. 70 % kemiallisen hapen kulutuksen (COD) osalta sekä 50 % vähenemä typen osalta. COD kuvaa tässä tapauksessa liuenneen orgaanisen aineksen määrää. Kyseisessä hankkeessa testattiin suotoveden suodatusta myös pilot-mittakaavassa Karanojan jätteidenkäsittelyalueella. Tähän kenttämittakaavan kokeeseen oli käytettävissä vain puupohjaista biohiiltä. Kokeessa oli haasteita suodatinten tukkeutumisen kanssa, sillä suotovesiä keräävää allasta ruopattiin samoihin aikoihin. (Elo ym., 2021, ss. 43–49) Hulvattu-hankkeessa haluttiin lähteä testaamaan, toimisiko jätevesilietteestä ja puuraaka-aineesta valmistettu biohiili kenttäolosuhteissa yhtä tehokkaasti kuin mitä laboratoriotason suodatuskokeet olivat osoittaneet. Suomessa oli ensi kertaa saatavilla isompia eriä kuivatusta mädätetystä jätevesilietteestä ja puuaineksesta valmistettua lietebiohiiltä, kun Helsingin seudun ympäristöpalvelujen (HSY) Ämmässuon ekoteollisuuskeskukseen valmistui lietebiohiiltä tuottava koetoimintalaitos v.2020.

Tutkimuskohde oli sama kuin edellisessä hankkeessa, eli hankkeen yhteistyökumppanin Kiertokapula Oy:n Hämeenlinnassa sijaitsevan Karanojan jätteidenkäsittelyalueen hule-, prosessi- ja suotovesiä keräävä tasausallas (Kiertokapula, 2021). Tasausaltaan vesimäärissä ja vedenlaadussa on suurta vaihtelua ja se kuvastaa kaupunkisuunnittelun mittakaavassa huleveden heikkolaatuisinta ääripäätä. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, parantaako lietebiohiilisyys perinteisen hiekkasuodattimen puhdistustehoa ja sitä kautta tasausaltaan vedenlaatua. Kokeissa käytetty lietebiohiili oli valmistettu HSY:n Ämmässuon pyrolyysilaitoksessa, pyrolysoimalla (650 °C) mädätettyä jätevesilietettä ja puumateriaalia, kuiva-ainesuhteella 70/30. Tässä raportoitu Hulvattu-hankkeen kenttätutkimus koostui kahdesta eri kokeesta, joista ensimmäinen toteutettiin syksyllä 2021 ja toinen kesällä 2022. Lisäksi tasausaltaan vedellä toteutettiin laboratoriomittakaavan suodatuskoe syksyllä 2023.

## 2. Toteutus

### 2.1. Karanojan jätteidenkäsittelyalueen tasausallas

Tutkimuskohteena toimineeseen Karanojan jätteidenkäsittelyalueen tasausaltaaseen on ohjattu alueella syntyviä suoto-, prosessi- ja hulevesiä viemäriverkostoja pitkin altaan perustamisesta 2002 alkaen kesäkuuhun 2022 asti. Merkittävä osa altaaseen kulkeutuvista vesistä koostui jätetäyttöalueiden suotovesistä. Jätteidenkäsittelyalueelle valmistui toinen tasausallas 22.6.2022, minkä seurauksena aiemmin rakennettuun altaaseen on siitä lähtien ohjattu ainoastaan jätetäyttöalueiden suotovesiä.

Tutkimuskohteena toimineen vanhemman tasausaltaan syvyys on n. 2 m ja käyttötilavuus 1 850 m<sup>3</sup> (Kuva 1). Tasausallas on tyhjennetty lietteistä edellisen kerran 2012. Seuraava tyhjennys aiotaan suorittaa keväällä 2023. Tasausaltaasta vedet johdetaan Hämeenlinnan Seudun Veden (HS-Vesi) verkostoa pitkin Hämeenlinnan Paroisten jätevedenpuhdistamolle käsiteltäväksi. Vuonna 2021 puhdistamolle toimitettiin 79 692 m<sup>3</sup> tasausaltaan jätevettä (Taulukko 1). Keskimäärin altaasta johdetaan vettä puhdistamolle vuositasolla n. 160 m<sup>3</sup>/vrk.

Alueella tapahtuvaa toimintaa ohjaavat Kiertokapula Oy:n Karanojan 15.12.2017 päivätty ympäristölupapäätös Nro 246/2017/1 (Dnro ESAVI/10840/2014) sekä 18.12.2020 päivätty ympäristölupapäätös Nro 473/2020 (Dnro ESAVI/11420/2019), mihin lukeutuu myös suotovesien määrän ja laadun seuranta (taulukko 1) (Kiertokapula 2021). Koetoiminta vaati viranomaisen luvan ja se toteutettiin koetoimintailmoituksen ja toiminnan muuttamisilmoituksen perusteella saatujen päätösten mukaisesti (päätökset nro 239/2021, dnro ESAVI/18457/2021 ja nro 324/2021, dnro ESAVI/31154/2021).





**Kuva 1.** Karanojan jätteenkäsittelyalueen vuonna 2002 rakennettu tasausallas. Taustalla näkyy jätetäyttöalueita, joilta kerätään vettä tasausaltaaseen. Kuva: Josefiina Ruponen, 2022

**Taulukko 1.** Karanojan jätteidenkäsittelyalueen ympäristötarkkailun tuloksia vuosilta 2019–2021.

Karanojan jätteidenkäsittelyalue	2019	2020	2021
Kerätyn kaatopaikkakaasun määrä (milj. Nm <sup>3</sup> )	0,4	2,2	2,3
Kaatopaikkakaasun metaanipitoisuus (%)	54	49	43
Jätevesi puhdistamolle (m <sup>3</sup> )	57 235	76 596	79 692
Kiintoaine (mg/l)	40	35	25
Sähkönjohtavuus (mS/m)	383	520	610
pH	7,5	7,6	7,6
Biologinen hapenkulutus (BOD <sub>7</sub> ) (mg/l)	13	40	41
Kokonaistyyppi (mg/l)	127	200	230
Ammoniumtyppi (mg/l)	120	118	126
Kokonaisfosfori (mg/l)	0,6	1,3	0,6
Sulfaatti (mg/l)	220	343	548
Kloridi (mg/l)	323	470	698

## 2.2. Kenttämittakaavan suodatuskokeet

### 2.2.1. Konttisuodattimet

Syksyllä 2021 toteutetussa kokeessa 1 testattiin kolmen eri suodattimen puhdistustehoa. Suodattimet rakennettiin muovisiin IBC-kontteihin (1 m<sup>3</sup>). Pohjalle lisättiin 0,2 m<sup>3</sup> ratasepeliä (raekoko 60 mm) ja sen päälle 0,2 m<sup>3</sup> sepeliä (raekoko 16 mm), minkä päälle täytettiin varsinainen suodatinkerros (0,6 m<sup>3</sup>).

Alempien kerrosten tarkoituksena oli parantaa suodatinkerroksen läpi kulkeutuvan veden johtavuutta pois suodattimesta. Sepelikerrokset huuhdeltiin vesijohtovedellä hienoaineksen poistamiseksi. Kahdessa suodattimista oli suodatushiekan lisäksi suodatinmateriaalina lietebiohiiltä ja yhdessä pelkkää suodatushiekkää. Suodatushiekan raekoko oli 1–3 mm. Toisessa lietebiohiiltä sisältävästä suodattimista lietebiohiilen osuus suodatinmateriaalikerroksen tilavuudesta oli 30 % (0,18 m<sup>3</sup>) ja toisessa 70 % (0,42 m<sup>3</sup>). Suodatushiekka ja lietebiohiili sekoitettiin ja huuhdottiin ennen suodatinten täyttämistä ylimääräisen kiintoaineen vähentämiseksi. Jatkossa kyseisistä suodattimista käytetään tässä raportissa nimityksiä LBH30 (hiilen osuus 30 %) ja LBH70 (hiilen osuus 70 %) ja KHS (kontrollihiekkasuodatin). Jokainen kerros tasoitettiin huolellisesti suodattimeen lisäämisen jälkeen.

Esiselkeytyskonttina toimi IBC-kontti, johon lisättiin pohjasta avoin muovinen väliseinä. Kontin tarkoitus oli vähentää kiintoaineen pääsyä suodattimiin. Tasausaltaasta suodatettava vesi pumpattiin ensin esiselkeytyskonttiin, josta vesi jakautui kolmeen suodattimeen. Suodattimista poistuva vesi ohjautui hanoista ämpäreihin ja niistä edelleen letkuja pitkin tasausaltaaseen. Osa esiselkeytyskonttiin saapuvasta vedestä virtasi ohjatusti ylivuotona takaisin altaaseen. Pohjalle päätyvää kiintoainesta ohjattiin takaisin tasausaltaaseen suodattimen alareunassa sijaitsevan jatkuvasti avoimena olevan poistoletkun avulla. Suodatinten kautta kulkenut vesi johdettiin takaisin tasausaltaaseen. Raportin liitteessä 1 on esitetty koeasetelman prosessikaavio. Suodattimet sijoitettiin altaan reunalle suojakalvon päälle ylärinteeseen, jotta mahdolliset ylivuoto- tai vuotovedet valuvat takaisin altaaseen (Kuva 2).



**Kuva 2.** Koeasetelma rakennettiin suojamuovin päälle, jotta mahdolliset ylivuotovedet valuvat takaisin tasausaltaaseen. Kuva: Anu Koponen 2021

Esiselkeytyskonttiin sekä suodattimiin asennettiin pinnankorkeusanturit, joiden ansiosta sammutusautomaatiikka katkaisi vedentulon kaikkiin kontteihin, kun yhdessäkin kontissa vedenpinta nousi sen yläreunassa olevaan anturiin asti (Kuva X). Vedentulo jatkui automaattisesti vasta, kun vedenpinta ei missään konteista yltänyt enää anturiin. Kokeessa 1 syöttöpumppu sammutettiin kokonaan viikonloppujen ja lomien ajaksi. Liitteen 2 kaaviossa on esitetty vihreällä päivät, jolloin pumppu on ollut käytössä. Pumpun

ollessa käytössä vedentulo on kuitenkin saattanut olla aika ajoin katkoksi suodatinten tukkeutumisen ja ylivuotoja estävän automatiikan vuoksi.

Samantyyppinen tutkimus (koe 2) toteutettiin seuraavan vuoden kesällä 2022. Koejärjestelyihin tehtiin joitakin muutoksia ensimmäisestä kokeesta saatujen kokemusten ja tulosten perusteella. Tällä kertaa syöttöpumppu oli myös viikonloppuisin päällä ja ainoa tauko (5 vrk) ajoittui juhannuksen tienoille. Lisäksi vedenpinnan nousuun liittyvä sammutusautomaatti katkaisi tässä kokeessa syötön vain niihin kontteihin, jossa vedenpinta oli liian korkea. Vedentulo muihin jatkui normaalisti. Kokeessa 1 käytetty LBH30-suodatin otettiin mukaan kesän 2022 kokeeseen. Ideana oli testata jo käytössä olleen ja reilu puoli vuotta levänneen suodattimen toimivuutta. Kokeeseen valittiin vähemmän lietebiohiiltä sisältävä suodatin, sillä alustavien tulosten perusteella LBH70 ei suodattanut merkittävästi tehokkaammin kuin LBH30. Kokeeseen 2 viitattaessa jo kerran käytössä ollutta suodatinta kutsutaan tekstissä nimellä VLBH30. Muut suodattimet rakennettiin alusta asti samalla periaatteella kuin kokeessa 1. Mukana olivat jälleen KHS ja LBH30 käyttämättömistä materiaaleista koottuna. Lisäksi haluttiin vertailla puupohjaista biohiiltä (Carbofex Ltd, 2022) sisältävää suodatinta lietebiohiiltä sisältäviin suodattimiin. Puupohjaisen biohiilen osuus suodatinkerroksesta oli 30 % (lopun hiekkaa). Siitä käytetään tässä raportissa lyhennettä BH30.



**Kuva 3.** Suodattimiin asennettu pinnankorkeusanturi lietebiohiili-hiekkasuodattimen oikeassa yläreunassa. Kuva: Anu Koponen 2021

### 2.2.2. Kenttäkokeiden näytteenotto ja analyysit

Molemmilla tasausaltaalla toteutetuissa kokeissa esiselkeytyskonttiin ja suodatettua vettä vastaanottaviin ämpäreihin asennettiin jatkuvatoimiset mittausanturit, jotka siirsivät tulokset reaaliajassa

verkkopalvelimelle. Antureilla mitattiin veden lämpötilaa, pH-arvoa, sähkönjohtokykyä sekä hapetus-pelkistyspotentiaalia (redox). Kokeessa 2 oli lisäksi anturit, jotka mittasivat suodatinkohtaisesti, milloin vedensyöttö oli katkolla. Sähkönjohtokyky, pH ja sameus mitattiin kokeessa 1 myös manuaalisesti kenttämittarilla näytteenoton yhteydessä ja kokeessa 2 puolestaan tuoreista näytteistä laboratoriossa sameutta lukuun ottamatta.

Näytteet otettiin esiselkeytyskontista (tuleva vesi) sekä suodatinten poistoputkista. Kahdeksan viikkoa kestäneen koejakson aikana (8.9.-5.11.2021) otettiin näytteitä pääasiassa 3–4 kertaa viikossa (yhteensä 29 näytteenottokertaa). Kaikkia näytteitä ei analysoitu. Aluksi näytteistä valittiin analysoitavaksi joka näytteenottoviikolta yksi näytesarja. Muut näytteet säilytettiin pakastettuna täydennysanalysointeja varten. Ensimmäisen analyysikerroksen tulosten perusteella tehtiin tarvittaessa muistakin näytteenottokerroista analyyskejä. Valituista näytteistä analysoitiin HAMK:n laboratoriossa Kjeldahl-menettelmällä kokonaistyyppi (N-tot) ja ammoniumtyppi ( $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ) sekä Hach pikamenetelmillä LCK349, LCK339 ja LCI400 kokonaisfosfori (P-tot), nitraattityppi ( $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ) ja kemiallinen hapenkulutus (COD, *engl. chemical oxygen demand*). Näytteet suodatettiin 0,8/0,2  $\mu\text{m}$  huokoskoon ruiskusuodattimella ennen Hach-analyyskejä. Tyypianalyyseissä käytettiin suodattamattomia näytteitä. Kokeessa 1 suurin osa sameusmittauksista jäi alle määritysrajan, joten vuoden 2022 näytteistä päädyttiin määrittämään sameuden sijasta kiintoaine (TSS, total suspended solids). Lisäksi yhdestä näytteenottokerrasta teetettiin Eurofins laboratoriossa seuraavat metallianalyysit: arseeni, elohopea, kadmium, kromi, kupari, lyijy, nikkeli, sinkki ja vanadiini. Kiertokapula Oy:n suosituksesta valittiin kyseinen analyysivalikoima metalleja, jotka ovat pidemmän ajan seurannan perusteella mahdollisen ympäristöhaitan kannalta kiinnostavimmat.

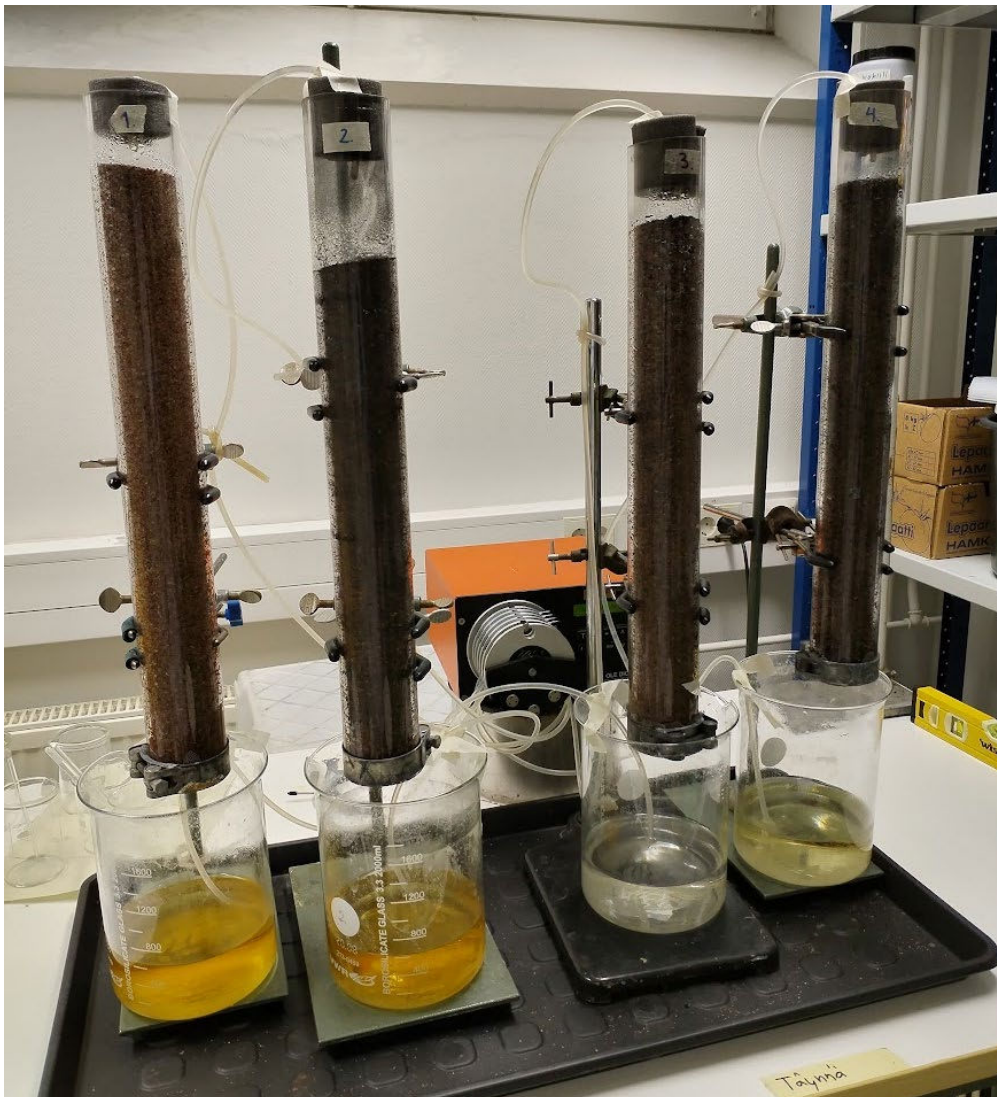
Kokeen 2 näytteenottojaksolla (10.6.-29.7.2022) näytteitä otettiin noin kolmesti viikossa, yhteensä 19 kertaa 8 viikon aikana (1 väliviikko juhannuksen tienoilla). Näytteenotto-prosessi oli sama kuin kokeessa 1. Laboratoriossa näytteistä analysoitiin muuten samat parametrit kuin edeltävänä syksynä, mutta kokonaistyyppi ja nitraattityppi päätettiin jättää pois edellisen kesän tulosten perusteella. Kokonaistypestä suurin osa on ammoniumtyppimuodossa ja nitraattipitoisuudet olivat vastaavasti hyvin alhaisia sekä ennen suodatinta että sen jälkeen. Täten katsottiin, että tyypin jakeista ammoniumtyppi edustaa riittävästi tyypin vähenemistä. Yhdestä kokeen 2 näytteenottokerran vesinäytteistä ja kokeen jälkeen otetuista suodatinmateriaalinäytteistä teetettiin Eurofins laboratoriossa samat metallianalyysit kuin kokeessa 1. Kaikki laboratorioanalyysit tehtiin molempien vuosien osalta pakastetuista näytteistä.

### 2.3. Laboratoriomittakaavan suodatuskoe

Kenttämittakaavan kokeiden tulosten perusteella päädyttiin testaamaan suodatinmateriaalien käyttäytymistä toteuttamalla koe tasausaltaan suotovedellä laboratorio-olosuhteissa. Laboratoriossa toteutetuissa suodatuskokeissa testattiin HSY:n valmistamaa lietebiohiiltä, HS-Veden lietemädätteestä valmistettua lietehiiltä sekä Carbofex Oy:n puupohjaista biohiiltä. Kontrollina käytettiin suodatushiekkää (n. 1–3 mm). Suodattimina toimivat suodatinmateriaaleilla täytetyt polykarbonaattiputket (korkeus 470 mm, halkaisija 50 mm), joiden alaosassa oli muoviverkkoa. Suodatushiekkä ja käytetyt hiilet pestiin ionivaihdetulla vedellä 0,4  $\mu\text{m}$  seulassa ja kuivattiin vuorokauden ajan 55–90 °C uunissa. Näistä sekoitettiin suodatusmassat tilavuussuhteessa 3:7 (biohiili:hiekka). Suljetun kierron systeemissä suodatettava neste ohjattiin 2000 ml dekantterilasista säädettävän letkupumpun avulla suodatinputken yläosaan, josta suodattunut vesi virtasi takaisin dekantterilasiin (Kuva 4). Virtaussuunta oli suodattimissa ylhäältä alas ja nopeus 10 ml/min.

Suotovettä kierrätettiin suodattimissa 14 vuorokauden ajan. Koe toteutettiin pimeässä leväkasvun ehkäisemiseksi. Suodatettavasta vedestä otettiin näyte ennen koetta. Kokeen aikana ensimmäiset näytteet otettiin, kun koko suodatettava vesimäärä oli kerran virrannut suodattimien läpi sekä 1, 3, 6, 9 ja 14 vuorokauden kuluttua kokeen aloittamisesta. Näytteistä mitattiin pH ja sähkönjohtokyky sekä analysoitiin ammoniumtyppi ( $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ), fosfaattifosfori ( $\text{PO}_4^-\text{-P}$ ) ja kemiallinen hapenkulutus (COD) HAMK:n

laboratoriossa. Fosfaattifosfori ja COD analysoitiin suodatetuista näytteistä (suodattimen huokoskoko 0,8/0,2  $\mu\text{m}$ ). Kaikki mittaukset ja analyysit tehtiin pakastetuista näytteistä.



**Kuva 4.** Laboratoriossa toteutettujen suodatuskokeiden koearrangementi. Kuva: Josefiina Ruponen 2022

## 3. Tulokset ja niiden tarkastelua

### 3.1. Kenttämittakaavan suodatuskokeet

#### 3.1.1. Konttisuodattimien elinkaari

Koe 1 voidaan jakaa suodattimien vedenläpäisykyvyn perusteella kolmeen vaiheeseen, jotka ovat 1) alkuvaihe, 2) keskivaihe ja 3) hidastumisvaihe. Hidastumisvaihe päättyy lopulta suodattimen täydelliseen tukkeutumiseen, mitä ei kuitenkaan saavutettu kokeessa 1. Vaiheiden ominaispiirteet on kuvattu taulukossa 2. Alkuvaiheessa syöttöveden virtausnopeudeksi asetettiin 20 l/min. Suodatintien alkaessa tukkeutua suotoveden sisältämän kiintoainekuorman vuoksi, virtausnopeus laskettiin 11 litraan minuutissa, jolloin siirryttiin keskivaiheeseen. Keskivaiheessa osaan suodattimista muodostui ilmatasku, joka haittasi

veden virtausta. Tasku puhkaistiin, jolloin veden kulku parani joksikin aikaa. Hidastumisvaihe alkoi, kun kiintoaineesta johtuva tukkeutuminen oli edennyt ja virtaus laskettiin 5 litraan minuutissa. Hidastumisvaiheessa virtausnopeutta yritettiin nostaa 11 litraan minuutissa, mutta tukkeutumisen vuoksi virtausnopeus palautettiin kolmen vuorokauden syötön jälkeen aiemmalle tasolle. Kokeen tarkoituksena oli tukkia suodattimet, jotta nähdään, miten suodattimet käyttäytyvät myös elinkaarensa loppuvaiheessa.

**Taulukko 2.** Kokeen 1 eri vaiheet ja niiden ominaispiirteet.

	<b>Alkuvaihe</b>	<b>Keskivaihe</b>	<b>Hidastumisvaihe</b>
<i>Virtausnopeus (L/min)</i>	20	11	5-11
<i>Kesto (vrk)</i>	8	13	12
<i>Virtaama (m<sup>3</sup>)</i>	124	171	110
<i>Vuorokausivirtaama ka. (m<sup>3</sup>)</i>	15,5	13,2	9,2
<i>Kumulatiivinen virtaama (kokeen alusta, m<sup>3</sup>)</i>	124	295	405
<i>Kuvaus</i>	Vesi virtaa hyvin suodatinten läpi	Syöttöpumpun virtausnopeutta hidastettu alkavan tukkeutumisen vuoksi	Tukkeutuminen edennyt, virtausta hidastettu nopeuteen 5 L/min, nostettu takaisin nopeuteen 11 L/min ja hidastettu taas 5 litraan minuutissa

Myös koe 2 jaettiin suodattimien läpäisykyvyn perusteella kolmeen vaiheeseen, jotka ovat 1) alkuvaihe, 2) keskivaihe ja 3) hidastumisvaihe. Vaiheiden ominaispiirteet on kuvattu taulukossa 3. Alkuvaihe kesti 5 vuorokautta (syöttöveden virtausnopeus 9 l/min), minkä jälkeen siirryttiin keskivaiheeseen, kun virtausta piti laskea alkavan tukkeutumisen vuoksi nopeuteen 3 l/min. Keskivaiheen kesto oli vain 3 vrk, sillä suodatinten tukkeutuminen eteni nopeasti ja virtausta pienennettiin nopeuteen noin 1 l/m. Hidastumisvaihe oli puolestaan pitkä ja kesti 33 vrk. Alhaisen virtausnopeuden vuoksi virtaamamittari ei enää hidastumisvaiheessa pystynyt rekisteröimään virtaamamääriä, vaan virtaamat arvioitiin mittaamalla virtausnopeus suodattimista poistuvasta vedestä. Taulukon arvo muodostuu eri suodatinten virtausnopeuksien keskiarvoista sekä näiden keskiarvosta, josta on vähennetty 15 %. Vähennys perustuu jatkuvan mittauksen tuloksiin, joiden mukaan suodattimiin BH30 ja VLBH30 menevä vesi oli katkaistuna keskimäärin 15 % ajasta. Kahden muun suodattimen vedensyöttöä rekisteröivät anturit eivät olleet toimineet kunnolla kokeen aikana.

Kokeeseen 1 verrattuna kokeen 2 virtausnopeudet sekä virtaamat jäivät huomattavasti pienemmiksi (Taulukot 2 ja 3). Kesäaikaan toteutetun kokeen ongelmana oli runsas leväkasvu, niin tasausaltaassa, esiselkeytyskontissa kuin suodattimissakin. Suodatinten pinnalle muodostui useaan otteeseen kova kalvo levän ja muun kiintoaineen sekoituksesta, joka läpäisi heikosti vettä. Kalvot puhkaistiin aika ajoin. Levästä johtuva runsaampi kiintoaineen määrä tukki suodattimet myös sisältä nopeammin verrattuna syksyllä

toteutettuun kokeeseen 1, jolloin levää esiintyi huomattavasti vähemmän. Kokeen lopussa suodattimet BH30 sekä VLBH30 olivat täysin tukossa, eikä niistä saanut enää näytettä poistuvasta vedestä.

**Taulukko 3.** Kokeen 2 eri vaiheet ja niiden ominaispiirteet.

	Alkuvaihe	Keskivaihe	Hidastumisvaihe
<i>Virtausnopeus (L/min)</i>	9	3	1
<i>Kesto (vrk)</i>	5	9	33
<i>Virtaama ka. (m<sup>3</sup>)</i>	27	20	26*
<i>Vuorokausivirtaama ka. (m<sup>3</sup>)</i>	7	2	0,8*
<i>Kumulatiivinen virtaama (kokeen alusta, m<sup>3</sup>)</i>	27	47	73*
<i>Kuvaus</i>	Vesi virtaa hyvin suodatinten läpi	Syöttöpumpun virtausnopeutta hidastettu alkavan tukkeutumisen vuoksi	Tukkeutuminen edennyt, virtausta hidastettu entisestään

\*Arvio

### 3.1.2. Vedenlaatu

Taulukossa 4 on esitetty tasausaltaasta pumpatun suotoveden (syöttövesi) sekä suodatettujen vesien laatutekijöiden pitoisuusvaihtelut kokeiden 1 ja 2 aikana. Suluissa on mitattujen tulosten määrä kunkin laatutekijän osalta. Jatkuvat toimisten anturien mittaustulokset noudattelivat näytteenottojen yhteydessä saatuja tuloksia, eikä niissä esiintynyt mitään poikkeavaa. Osa antureista ei toiminut kunnolla kokeen aikana, mikä on ymmärrettävää ottaen huomioon suotoveden väkevyyden. Esimerkiksi vedensyötön sammutusautomaatiikan toimintaa rekisteröivät anturit olivat epäkunnossa suodattimissa LBH30 ja KHS. Itse sammutusautomaatiikka toimi, mutta ei saatu tietoa, koska vesi on ollut katkolla. Kokeen 1 sameustuloksia on vähemmän kuin muita tuloksia, koska useat tulokset jäivät alle käytetyn mittalaitteen määrittämisen rajan. Tämän vuoksi kokeessa 2 päätettiin analysoida sameuden sijasta kiintoaine (TSS). Tasausaltaan vedessä oli molemmissa kokeissa korkeat ammoniumtyyppipitoisuudet (120-294 mg/l), mikä on tyyppillistä vanhojen kaatopaikkatäyttöjen suotovesille. Suurin osa kokonaistypestä on yleensä ammoniumtyyppimuodossa, kuten tässäkin tapauksessa. Vastaavasti nitraattityypin pitoisuudet olivat tasausaltaan vedessä hyvin matalia (1,7-2,6 mg/l). Sen vuoksi nitraattityyppiä ei analysoitu enää kokeessa 2. Luonnonvesissä ammoniumtyyppiä on yleensä alle 0,010-0,030 mg/l. Myös suotoveden kokonaisfosforipitoisuudet (0,2-1,6 mg/l) olivat moninkertaisia verrattuna luonnonvesiin. Vesistöt, joissa on fosforia 0,05-0,1 mg/l, luokitellaan esimerkiksi erittäin reheviksi. (Oravainen 1999, s. 17, 21) COD-pitoisuus vaihteli selvästi molempien kokeiden aikana.

Tasausaltaan vesi on hyvin väkevää, joten sitä ei voi johtaa suoraan vesistöön, vaan se pitää ohjata HS-Veden jätevedenpuhdistamolle käsiteltäväksi. Kiertokapula Oy ja HS-Vesi ovat määrittäneet keskinäisessä sopimuksessaan raja-arvot eri vedenlaatutekijöiden osalta, joita tasausaltaasta pumpattava vesi ei saa ylittää. Taulukossa 4 esitetyt syöttöveden analyysitulosten keskiarvot olivat molemmissa kokeissa pääosin

yhteneväisiä Kiertokapula Oy:n raportoiman tarkkailun kanssa. Ammoniumtyppi- ja kiintoainetulokset olivat tässä tutkimuksessa keskimäärin jonkin verran korkeampia. Tämä saattaa selittyä sillä, että tasausaltaan vedenlaadussa on paljon vaihtelua. Lisäksi tässä tutkimuksessa tehtiin intensiivistä näytteenottoa lyhyellä ajanjaksolla tiettyinä vuodenaikana. Yrityksen tekemä ja raportoima ympäristötarkkailu puolestaan ajoittuu laajemmalle ajanjaksolle, ja näytteitä otetaan harvemmin.

**Taulukko 4.** Syöttöveden ja suodatettujen vesien vedenlaatutekijöiden pitoisuusvaihtelut kokeissa 1 ja 2. Suodatinkäsittelyjen selitteet: LBH70 = lietebiohiili:hiekka 7:3, LBH30 = lietebiohiili:hiekka 3:7, VLBH30 = ”vanha” lietebiohiili:hiekka 3:7 (ollut jo mukana kokeessa 1), BH30 = biohiili:hiekka 3:7, KHS = kontrollihiekkasuodatin. Suluissa analysoitujen näytteiden lukumäärä.

KOE 1	pH	Sähkön- johtokyky mS/cm	Sameus FAU	N-tot mg/L	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N mg/L	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N mg/L	P-tot mg/L	COD mg/L
<b>Syöttö vesi</b>	6,91- 8,59 (15)	1,75-5,95 (15)	41-128 (7)	127-265 (10)	120-294 (17)	1,7-2,6 (14)	0,206-1,295 (16)	1,4-515,0 (14)
<b>LBH70</b>	7,07- 8,62 (15)	1,76-5,95 (15)	41-95 (2)	127-265 (10)	110-307 (17)	1,5-4,2 (14)	0,214-0,953 (16)	2,4-510 (14)
<b>LBH30</b>	7,17- 8,74 (16)	1,58-5,91 (15)	102 (1)	129-257 (10)	110-307 (17)	1,6-2,9 (14)	0,219-1,032 (16)	3,4-513 (14)
<b>KHS</b>	6,74- 8,63 (15)	1,62-5,85 (15)	104 (1)	128-267 (10)	111-305 (17)	0,5-2,9 (14)	0,211-1,135 (16)	4,4-508 (14)

KOE 2	pH	Sähkön- johtokyky mS/cm	Kiintoaine mg/l	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N mg/L	P-tot mg/L	COD mg/L
<b>Syöttö vesi</b>	7,19-7,95 (19)	4,40-5,58 (19)	0,16-373 (15)	171-294 (19)	0,703-1,628 (19)	315-505 (19)
<b>VLBH30</b>	7,26-8,14 (18)	3,44-5,67 (18)	0,17-381 (14)	185-285 (18)	0,317-1,490 (18)	340-475 (18)
<b>LBH30</b>	7,31-8,22 (19)	4,36-5,43 (19)	0,20-323 (15)	149-279 (19)	0,469-1,700 (19)	324-501 (19)
<b>BH30</b>	7,34-8,30 (18)	4,34-5,60 (18)	61-345 (14)	150-277 (18)	0,495-1,708 (18)	335-479 (18)
<b>KHS</b>	7,29-8,28 (19)	4,49-5,60 (19)	34-284 (15)	156-283 (19)	0,490-2,140 (19)	340-486 (14)

### 3.1.3. Typpi

Kokeen 1 tulosten perusteella kokonaistyyppiä ja ammoniumtyppiä ajoittain pidättyi ja ajoittain vapautui. Kokeen 2 ammoniumtulokset olivat samansuuntaisia. Pidättyneet ja vapautuneet määrät olivat kuitenkin pääasiassa suhteellisen pieniä verrattuna kuormitusmääriin. Poikkeuksena oli kokeen 1 viimeinen näytteenottokerta, jonka tulosten perusteella tyyppiä/ammoniumtyppiä oli n. 20-30 % enemmän suodatimista poistuvissa vesissä. Syynä saattaa olla esimerkiksi syöttöveden nopeahko typpipitoisuuden muutos, mikä on mahdollista. Suodatimen alaosassa on voinut olla typpipitoisempaa vettä, ja

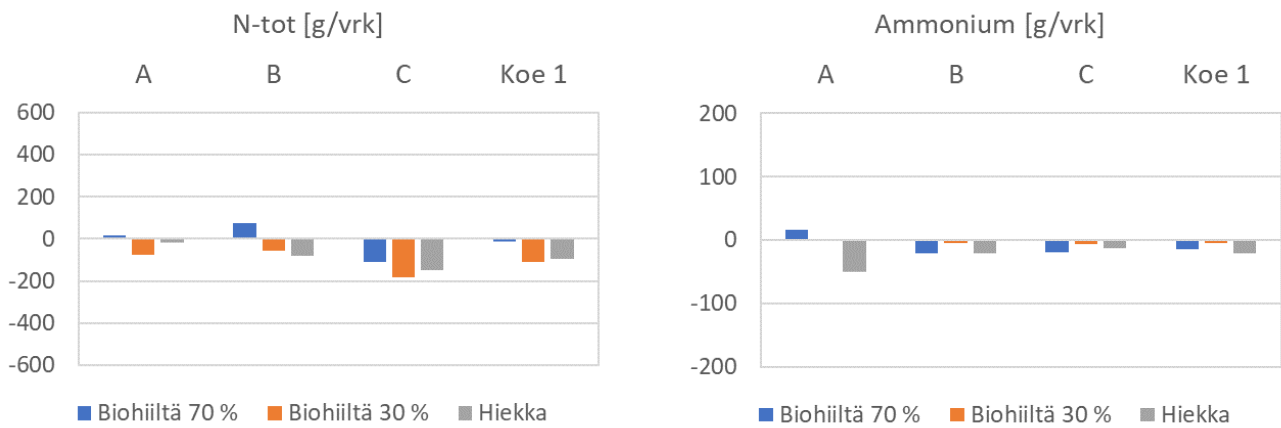


näytteenottohetkellä mitattu tuleva syöttövesi on voinut ollut aiempaa laimeampaa. Tämä on mahdollista, sillä suodattimen vedenvaihtumiseen kuluu tietty aika. Eri käsittelyjen ja vaiheiden välillä ei ollut juurikaan merkittävää eroa paitsi kokeessa 2 heinäkuussa. Silloin lähes parin viikon ajan LBH30-suodatin vaikutti toimivan muita paremmin. Ennen tuota ajanjaksoa suodatin oli ollut tukossa ja vedensyöttö kyseiseen suodattimeen katkolla 9 vrk, minkä seurauksena typen biologiselle poistolle on voinut muodostua otollisemmat olosuhteet. Lisäksi levät ovat mahdollisesti runsastuneet ja sitoneet ammoniumia. Laskuissa on käytetty kokeiden 1 ja 2 ja niiden eri vaiheiden keskimääräisiä vuorokausivirtauksia. (Taulukot 5 ja 6, Kuvat 5 ja 6)

Typen poistaminen vesistä onnistuu parhaiten mikrobiologisten prosessien avulla, mutta sopivan mikrobiston kehittyminen vaatii aikaa ja tietynlaiset olosuhteet, mitä tässä kokeessa ei ollut mahdollista optimoida. Biologista typenpoistoa ei ole yksinkertaista toteuttaa, sillä esimerkiksi tuoreessa Suomessa toteutetussa tutkimuksessa Ristiinan vanhan kaatopaikan suotovesistä ei onnistuttu poistamaan juurikaan ammoniumia, vaikka prosessi pyrittiin rakentamaan typenpoiston mikrobiologisille prosesseille suotuisaksi (Mykkänen ym. 2021, ss. 112–113).

**Taulukko 5.** Kokonaistypen (N-TOT) ja ammoniumtypen (NH<sub>4</sub>-N) määrälliset (g/vrk) ja prosentuaaliset vähenemät eri suodatinkäsittelyissä (LBH70 = lietebiohiili:hiekka 7:3, LBH30 = lietebiohiili:hiekka 3:7, KHS = kontrollihiekkasuodatin).

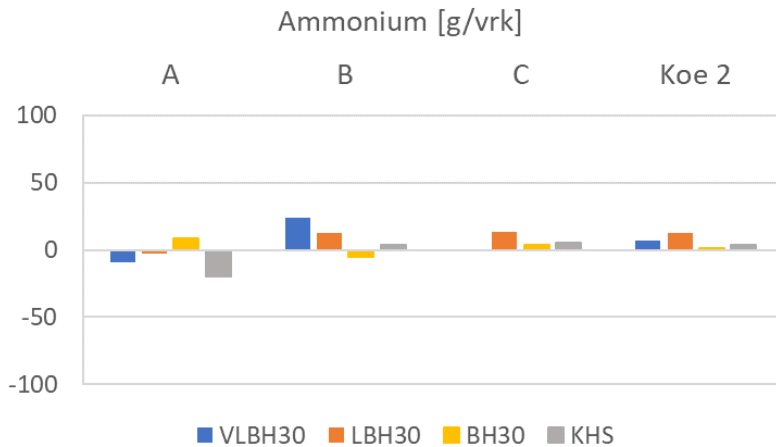
		N-TOT						NH <sub>4</sub> -N					
		LBH70		LBH30		KHS		LBH70		LBH30		KHS	
		g/vrk	%	g/vrk	%	g/vrk	%	g/vrk	%	g/vrk	%	g/vrk	%
Alkuvaihe	13.9.2021	-31	-1 %	-126	-5 %	-174	-7 %	25	1 %	0	0 %	-99	-3 %
	17.9.2021	60	2 %	-27	-1 %	137	4 %	8	0,2 %	0	0 %	0	0 %
	Keskiarvo	15	0,5 %	-76	-3 %	-19	-1 %	17	1 %	0	0 %	-50	-2 %
Keskivaihe	29.9.2021	308	10 %	308	-4 %	-117	-3 %	-321	-9 %	-7	-0,2 %	-65	-2 %
	1.10.2021	-286	-10 %	-435	-15 %	-226	-8 %	-167	-4 %	-174	-4 %	-141	-4 %
	4.10.2021	2	0,1 %	108	3 %	-22	-1 %	53	2 %	7	0,2 %	-13	-0,4 %
	8.10.2021	273	10 %	222	8 %	7	0,2 %	79	3 %	0	0 %	40	1 %
	12.10.2021							36	1 %	17	1 %	15	1 %
	14.10.2021							199	7 %	20	1 %	9	0,3 %
	15.10.2021							-21	-1 %	108	4 %	6	0,2 %
	Keskiarvo	74	4 %	-55	-3 %	-81	-5 %	-20	-0,6 %	-4	-0,1 %	-21	-0,5 %
Hidastumisvaihe	20.10.2021	-93	-6 %	-183	-11 %	-176	-11 %	8	1 %	-75	5 %	20	1 %
	22.10.2021	0	0,04 %	-19	-2 %	-14	-1 %	90	8 %	87	8 %	82	7 %
	26.10.2021							-86	-5 %	-89	-6 %	-103	-7 %
	28.10.2021							15	1 %	80	6 %	42	3 %
	29.10.2021							166	9 %	329	18 %	357	19 %
	2.11.2021	-93	-5 %	-143	-7 %	19	1 %	4	0,2 %	37	2 %	-9	-1 %
	5.11.2021	-243	-17 %	-390	-27 %	-428	-30 %	-330	-28 %	-415	-36 %	-474	-41 %
	Keskiarvo	-108	-13 %	-184	-22 %	-150	-18 %	-19	-1 %	-6	-0,4 %	-12	-1 %
<b>Koe 1</b>	<b>Keskiarvo</b>	<b>-10</b>	<b>-1 %</b>	<b>-111</b>	<b>-7 %</b>	<b>-96</b>	<b>-6 %</b>	<b>-15</b>	<b>-1 %</b>	<b>-5</b>	<b>-0,2 %</b>	<b>-21</b>	<b>-1 %</b>



**Kuva 5.** Kokonaistypen (N-tot) ja ammoniumtypen vähenemät (g/vrk) kokeen 1 eri suodatinkäsittelyissä kuvattuna eri kokeen 1 vaiheissa (A = alkuvaihe, B = keskivaihe, C = hidastumisvaihe) sekä koko kokeen 1 aikana.

**Taulukko 6.** Ammoniumtypen (NH<sub>4</sub>-N) määrälliset (g/vrk) ja prosentuaaliset vähenemät eri suodatinkäsittelyissä (VLBH30 = lietebiohiili:hiekka 3:7 (ollut kokeessa 1), LBH30 = lietebiohiili:hiekka 3:7, BH30 = biohiili:hiekka 3:7, KHS = kontrollihiekkasuodatin).

		NH <sub>4</sub> -N							
		VLBH30		LBH30		BH30		KHS	
		g/vrk	%	g/vrk	%	g/vrk	%	g/vrk	%
AV	10.6.22	-9	-1 %	-3	-0,2 %	9	1 %	-20	-2 %
	13.6.22	29	6 %	8	2 %	-4	-1 %	9	2 %
Keskivaihe	15.6.22	3	1 %	5	1 %	-19	-4 %	15	3 %
	17.6.22	96	19 %	27	5 %	5	1 %	-12	-2 %
	20.6.22	-3	-1 %	7	2 %	-2	-0,4 %	4	1 %
	22.6.22	-7	-2 %	15	4 %	-7	-2 %		
	Keskim.	24	5 %	12	3 %	-6	-1 %	4	1 %
	Hidastumisvaihe	29.6.22	7	6 %	7	6 %	-1	-1 %	9
1.7.22		-3	-3 %	-2	-1 %	-2	-1 %	-2	-2 %
4.7.22		-7	-6 %	-6	-5 %	-4	-3 %	-2	-2 %
6.7.22		-3	-3 %	-0,5	-0,4 %	7	6 %	-2	-2 %
8.7.22		-1	-1 %	28	25 %	-20	-18 %	15	14 %
11.7.22		6	5 %	44	32 %	14	10 %	24	18 %
13.7.22		4	3 %	28	24 %	10	9 %	2	2 %
15.7.22		8	7 %	20	18 %	12	11 %	5	5 %
18.7.22		4	4 %	11	12 %	1	2 %	-1	-1 %
20.7.22		-0,5	-0,4 %	33	27 %	14	12 %	12	10 %
25.7.22		-7	-9 %	10	13 %	10	12 %	7	9 %
27.7.22				2	2 %	3	2 %	2	2 %
29.7.22		5	4 %	3	3 %			4	4 %
Keskim.		1	1 %	14	12 %	4	3 %	6	5 %
<b>Koe 2</b>	<b>Keskim.</b>	<b>7</b>	<b>3 %</b>	<b>12</b>	<b>5 %</b>	<b>1</b>	<b>1 %</b>	<b>4</b>	<b>1 %</b>



**Kuva 6.** Ammoniumtyypen vähenemät (g/vrk) kokeen 2 eri suodatinkäsittelyissä kuvattuna eri kokeen 1 vaiheissa (A = alkuvaihe, B = keskivaihe, C = hidastumisvaihe) sekä koko kokeen 2 aikana. Alkuvaiheesta ei ole lainkaan kiintotuloksia.

### 3.1.4. Fosfori

Kokeessa 1 veden kokonaisfosforin vähenemät olivat käsittelystä riippuen keskimäärin 15-18 %. Vaikuttaa siltä, että lietebiohiiltä sisältävät suodattimet onnistuivat poistamaan hieman tehokkaammin fosforia kuin pelkkää hiekkaa sisältävä suodatin. Lietebiohiilen määrällä ei ollut juurikaan merkitystä fosforinpoiston kannalta. Alkuvaiheessa lietebiohiili-hiekkasuodattimet poistivat fosforia selvästi tehokkaammin kuin kontrollihiekkasuodatin. Keskivaiheessa käsittelyiden väliset erot fosforin poistotehokkuudessa tasaantuivat ja hidastumisvaiheessa kontrollihiekkasuodatin poisti puolestaan fosforia lietebiohiili-hiekkasuodattimia paremmin. Hidastumisvaiheessa kolmessa seitsemästä näytteenottokerrasta lietebiohiili-hiekkasuodattimista poistuvassa vedessä oli selkeästi enemmän fosforia kuin niihin tulevassa vedessä. (Taulukko 7, Kuva 7) Kontrollihiekkasuodatin sen sijaan toimi kahdella näistä kerroista normaalisti. Viimeisellä näytteenottokerralla kaikki suodattimet poistivat yli puolet niihin menevästä fosforista, vaikka kuormitus oli keskitasoa. (Taulukko 7)

Lietebiohiili sisältää runsaasti fosforia, mutta HAMKissa hiljattain toteutetussa tutkimuksessa todettiin, että liukoisuus veteen oli erittäin pientä. Sen sijaan lietebiohiilen fosforista noin viidesosa liukeni muurahaishappoon ja jopa 70 % ammoniumsitraattiin. Tuloksia ei ole vielä julkaistu. Näyttää siltä, että suotovesikokeessa fosforin liukeneminen lietebiohiilestä on ollut mahdollista johtuen tietyistä olosuhteista. Suotoveden kemiallinen koostumus on saattanut aikaansaada fosforin liukenemistä tai suodattimissa on voinut syntyä hidastumisvaiheessa ajoittain hapettomat olosuhteet, mikä edistää rautaan sitoutuneen fosforin vapautumista. Fosfori on lietebiohiilessä sitoutunut rautaan, sillä HSY:n jätevedenpuhdistusprosessissa käytetään fosforin saostamiseen rautasuolaa eli ferrosulfaattia. Fosforin liukenemisen syytä olisi hyvä selvittää lisää.

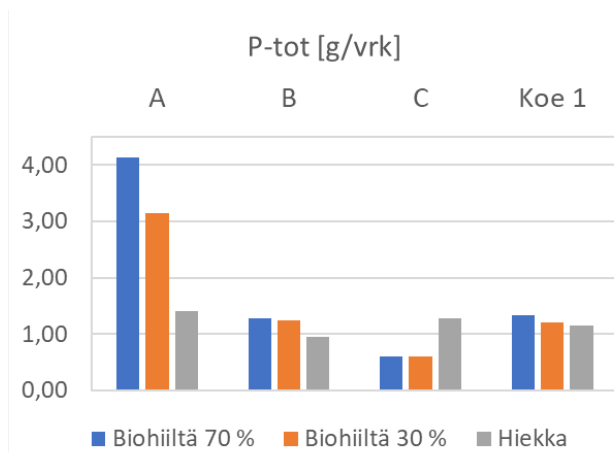
Kokeessa 2 fosforin poistotehokkuus vedestä oli keskimäärin 4-6 % eri käsittelyissä, mikä on vähemmän kuin kokeessa 1. Kokeesta 1 poiketen kokeen 2 alku- ja keskivaiheessa suodatinten fosforinpoistotehokkuus on ollut selvästi heikompaa verrattuna kokeen 1 vastaaviin vaiheisiin. (Taulukot 7 ja 8, Kuvat 7 ja 8) Kahdella näytteenottokerralla keskivaiheen aikana fosforia oli enemmän lähes kaikissa suodattimista poistuvissa vesissä kuin syöttövedessä. Tämä saattaa johtua leväsolujen hajoamisesta suodattimessa ja fosforin vapautumisesta. Sen sijaan kokeen 2 hidastumisvaiheessa fosforin prosentuaalinen väheneminen on ollut samaa tasoa kuin kokeen 1 hidastumisvaiheessa. (Taulukot 7 ja 8) Syynä ovat luultavasti hidat

virtausnopeus (1 l/min) sekä suodattimiin mahdollisesti vakiintunut leväkasvu. Kokonaisfosfori analysoitiin suodatetuista näytteistä, joten se on käytännössä lähes kokonaan liukoista fosfaattifosforia, mikä on leville käyttökelpoinen muoto. Runsaan levämassan on osoitettu poistavan erittäin tehokkaasti fosfaattia hypereutrofisessa altaassa (Ruponen 2018).

Kokeessa 2 kaikki kolme lietebiohiiltä ja biohiiltä sisältävistä suodattimista poistivat fosforia keskimäärin tehokkaammin kuin kontrollihiekkasuodatin. LBH30 oli hiilisuodattimista tehokkain. Sama suodatin oli myös pisimmän aikaa tukossa. Vaikuttaa myös siltä, että suodattimiin muodostunut levä- ja muu biomi on voinut kompensoida mahdollista fosforin vapautumista lietehiilisuodattimista. Kesä on todennäköisesti mahdollistanut hyvät olosuhteet mikrobiomin kehittymiselle. Erityisesti hidastumisvaiheen puolen välin jälkeen kokeen 2 loppupuolella fosforin poistuminen on ollut tehokkainta kaikissa suodattimissa. Muutama poikkeusta lukuun ottamatta hiiltä sisältävien suodatinten fosforinpoistotehokkuus oli kokeessa 1 ja kokeen 2 hidastumisvaiheessa suhteellisen hyvä, kun otetaan huomioon suodatinten vastaanottama fosforikuorma. Käsittelemättömän suotoveden keskimääräinen fosforipitoisuus oli kokeiden aikana 0,9 mg/l, mikä on korkea pitoisuus luonnonvesiin verrattuna. Jätevedenpuhdistamo se ei kuitenkaan kuormita merkittävästi fosforin osalta, sillä käsittelemättömän yhdyskuntajäteveden keskimääräinen fosforipitoisuus on noin 8 mg/l (Säylä 2015, 17).

**Taulukko 7.** Kokonaisfosforin (P-TOT) määrälliset (g/vrk) ja prosentuaaliset vähenemät kokeen 1 suodatinkäsittelyissä (LBH70 = lietebiohiili:hiekka 7:3, LBH30 = lietebiohiili:hiekka 3:7, KHS = kontrollihiekkasuodatin).

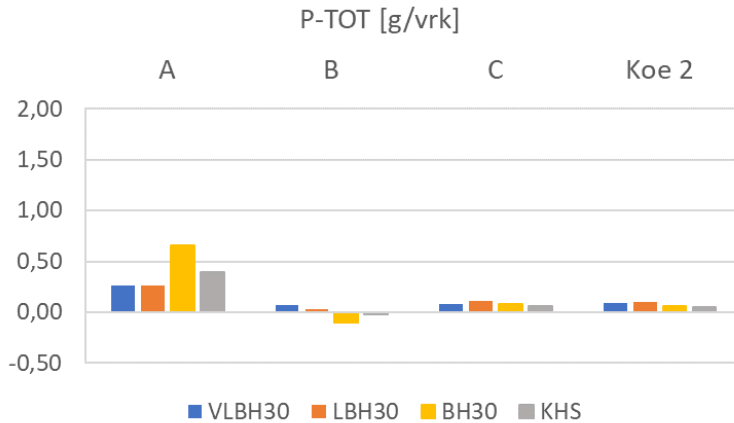
		P-TOT					
		LBH70		LBH30		KHS	
		g/vrk	%	g/vrk	%	g/vrk	%
Alkuvaihe	13.9.2021	5,3	26 %	0,04	20 %	2,5	12 %
	17.9.2021	2,9	18 %	2,2	14 %	0,3	2 %
	Keskiarvo	4,1	23 %	3,2	17 %	1,4	8 %
Keskivaihe	29.9.2021	0,6	7 %	0,4	5 %	1,0	11 %
	1.10.2021	1,6	19 %	0,7	8 %	1,0	11 %
	4.10.2021	3,8	31 %	3,7	30 %	3,1	25 %
	8.10.2021	0,2	3 %	0,4	6 %	0,4	5 %
	12.10.2021	0,3	4 %	0,4	5 %	0,1	1 %
	14.10.2021	1,4	20 %	1,8	25 %	0,8	11 %
	15.10.2021	1,1	14 %	1,4	18 %	0,4	5 %
	Keskiarvo	1,3	15 %	1,2	15 %	1,0	11 %
Hidastumisvaihe	20.10.2021	2,6	42 %	2,7	44 %	2,7	44 %
	22.10.2021	0,1	6 %	0,1	6 %	0,1	2 %
	26.10.2021	-0,2	-10 %	-0,2	-9 %	-0,1	-3 %
	28.10.2021	0,2	9 %	0,1	5 %	0,1	4 %
	29.10.2021	-0,3	-15 %	-0,4	-18 %	0,1	7 %
	2.11.2021	-2,2	-37 %	-2,0	-33 %	1,9	31 %
	5.11.2021	4,1	58 %	3,9	55 %	4,2	60 %
	Keskiarvo	0,6	15 %	0,6	15 %	1,3	33 %
<b>Koe 1</b>	<b>Keskiarvo</b>	<b>1,3</b>	<b>18 %</b>	<b>1,2</b>	<b>16 %</b>	<b>1,2</b>	<b>15 %</b>



**Kuva 7.** Kokonaisfosfori (P-tot) vähenemät (g/vrk) kokeen 1 eri suodatinkäsittelyissä kuvattuna eri kokeen 1 vaiheissa (A = alkuvaihe, B = keskivaihe, C = hidastumisvaihe) sekä koko kokeen 1 aikana. Alkuvaiheesta ei ole COD tuloksia.

**Taulukko 8.** Kokonaisfosforin (P-TOT) määrälliset (g/vrk) ja prosentuaaliset vähenemät kokeen 2 suodatinkäsittelyissä (VLBH30 = lietebiohiili:hiekka 3:7 (ollut jo mukana kokeessa 1), LBH30 = lietebiohiili:hiekka 3:7, BH30 = biohiili:hiekka 3:7, KHS = kontrollihiekkasuodatin)

		P-TOT							
		VLBH30		LBH30		BH30		KHS	
		g/vrk	%	g/vrk	%	g/vrk	%	g/vrk	%
<b>AV</b>	10.6.22	0,26	3 %	0,26	3 %	0,66	8 %	0,39	5 %
<b>Keskivaihe</b>	13.6.22	0,14	5 %	0,14	5 %	0,16	6 %	0,16	6 %
	15.6.22	0,00	0 %	0,18	6 %	0,00	0 %	0,01	0,3 %
	17.6.22	0,02	1 %	-0,57	-20 %	-0,59	-20 %	-0,47	-16 %
	20.6.22	0,18	7 %	0,28	11 %	0,02	1 %	0,37	15 %
	22.6.22	-0,01	-0,4 %	0,10	5 %	-0,12	-6 %	-0,16	-8 %
	Keskim.	0,07	3 %	0,03	1 %	-0,10	-4 %	-0,02	-1 %
<b>Hidastumisvaihe</b>	29.6.22	0,10	14 %	0,11	16 %	0,07	10 %	0,06	9 %
	1.7.22	0,09	14 %	0,09	15 %	0,09	15 %	0,19	30 %
	4.7.22	-0,02	-3 %	0,01	1 %	0,03	4 %	-0,34	-51 %
	6.7.22	0,30	39 %	0,12	15 %	0,31	41 %	0,08	11 %
	8.7.22	-0,005	-1 %	-0,04	-6 %	-0,07	-11 %	0,14	22 %
	11.7.22	-0,13	-23 %	0,18	33 %	-0,06	-10 %	-0,07	-13 %
	13.7.22	0,15	28 %	0,18	32 %	0,14	25 %	0,09	16 %
	15.7.22	0,05	11 %	0,21	47 %	0,10	22 %	0,11	23 %
	18.7.22	0,14	30 %	0,12	27 %	0,13	28 %	0,10	21 %
	20.7.22	0,09	18 %	0,15	29 %	0,14	28 %	0,18	35 %
	25.7.22	0,18	55 %	0,11	33 %	0,10	30 %	0,10	30 %
	27.7.22			0,08	22 %	0,03	7 %	0,04	10 %
	29.7.22	0,05	11 %	0,11	24 %			0,06	13 %
	Keskim.	0,08	15 %	0,11	20 %	0,08	16 %	0,06	10 %
<b>Koe 2 Keskim.</b>	<b>0,09</b>	<b>6 %</b>	<b>0,10</b>	<b>6 %</b>	<b>0,06</b>	<b>4 %</b>	<b>0,05</b>	<b>4 %</b>	



**Kuva 8.** Kokonaisfosforin (P-TOT) vähenemät (g/vrk) kokeen 2 eri suodatinkäsittelyissä kuvattuna eri kokeen 1 vaiheissa (A = alkuvaihe, B = keskivaihe, C = hidastumisvaihe) sekä koko kokeen 2 aikana.

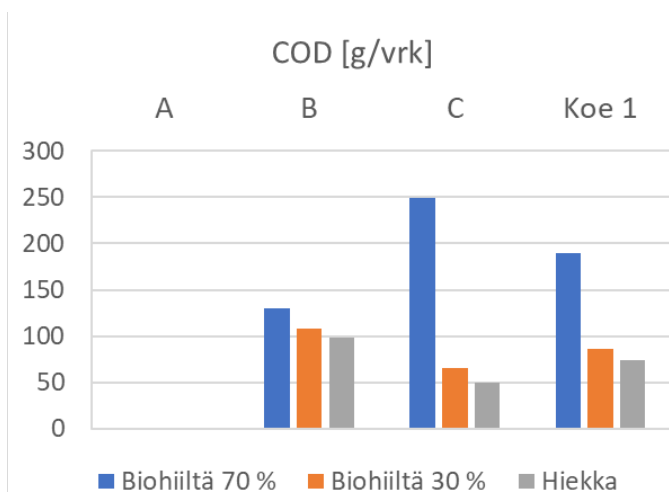
### 3.1.5. Kemiallinen hapenkulutus (COD) ja kiintoaine

Liuenneen orgaanisen aineksen määrää kuvaavan COD:n vähenemät olivat kokeessa 1 ja 2 hieman suurempia lietebiohiili-hiekkasuodattimissa verrattuna kontrollihiekkasuodattimeen. Vähemmän biohiiltä sisältävän suodattimen keskimääräinen ero kontrollihiekkasuodattimeen oli pienehkö. Kokeen 1 hidastumisvaiheessa biohiiltä sisältävä suodatin onnistui hidastumisvaiheessa vähentämään COD-tulosten perusteella orgaanisen aineksen määrää selvästi pelkkää hiekkasuodatinta tehokkaammin. (Taulukot 9 ja 10, Kuvat 9 ja 10) Kokeen 2 hidastumisvaiheessa hiiltä sisältävät suodattimet vaikuttavat poistaneen keskimäärin hieman tehokkaammin orgaanista ainesta verrattuna kontrollihiekkasuodattimeen. VLBH30 toimi tämän osalta vähän paremmin kuin muut hiilisuodattimet.

Muutamalla näytteenottokerralla molemmissa kokeissa kaikkien suodatinten poistuvassa vedessä COD oli suurempi kuin tulevassa vedessä. COD-tulosten perusteella suodattimiin tulevan liuenneen orgaanisen aineksen määrät sekä suodatinten poistotehokkuudet vaihtelivat selvästi kokeiden 1 ja 2 aikana. (Taulukot 9 ja 10) Tasausaltaan veden orgaanisen aineksen määriin voivat vaikuttaa esimerkiksi jätteidenkäsittelyalueelta huuhtoutuvan kiintoaineksen, orgaanisesta materiaalista peräisin olevien liukoisten yhdisteiden sekä altaassa kasvavien levien määrät. Alueelta kulkeutuvan orgaanisen aineksen määrään voi sitä kautta vaikuttaa merkittävästi esimerkiksi sadanta. Syksyllä toteutetun kokeen aikana levien määrät eivät ainakaan silmämääräisesti olleet suuria, kun taas sadanta on voinut olla kesäaikaan verrattuna suurempi. Syksyllä toteutetun kokeen 1 selvästi suuremmat COD-määrät syöttövedessä viittaavat siihen. Kokeessa 2 LBH30 vähensi parhaiten kiintoainetta, kun taas VLBH30 ja BH30 -suodattimista poistuvassa vedessä oli keskimäärin enemmän kiintoainetta kuin tulevassa vedessä (Taulukko 11, Kuva 11).

**Taulukko 9.** Liuenneen orgaanisen aineen määrää kuvaavan kemiallisen hapenkulutuksen (COD) määrälliset (g/vrk) ja prosentuaaliset vähenemät eri suodatinkäsittelyissä (LBH70 = lietebiohiili:hiekka 7:3, LBH30 = lietebiohiili:hiekka 3:7, KHS = kontrollihiekkasuodatin). Alkuvaiheesta ei ole COD tuloksia.

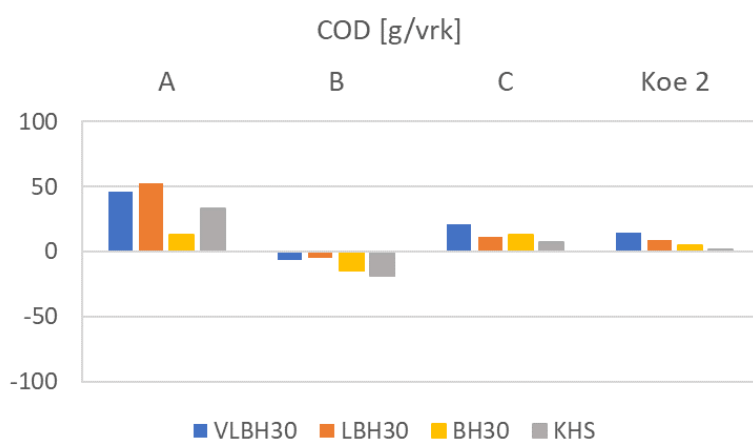
		COD					
		LBH70		LBH30		KHS	
		g/vrk	%	g/vrk	%	g/vrk	%
Alkuvaihe	13.9.2021						
	17.9.2021						
	Keskiarvo						
Keskivaihe	29.9.2021	53	1 %	106	2 %	79	1 %
	1.10.2021	66	1 %	26	0,4 %	92	1 %
	4.10.2021	-13	-62 %	-26	-127 %	-40	-191 %
	8.10.2021	-13	-68 %	-26	-138 %	-39	-207 %
	12.10.2021	198	3 %	106	2 %	26	0,4 %
	14.10.2021	303	5 %	277	4 %	303	5 %
	15.10.2021	316	5 %	290	5 %	264	4 %
	Keskiarvo	130	3 %	107	2 %	98	2 %
Hidastumisvaihe	20.10.2021	1000	28 %	73	2 %	101	3 %
	22.10.2021	101	4 %	138	5 %	128	5 %
	26.10.2021	165	5 %	193	5 %	128	4 %
	28.10.2021	165	6 %	174	6 %	183	6 %
	29.10.2021	220	7 %	147	4 %	101	3 %
	2.11.2021	-688	-24 %	-715	-25 %	-734	-26 %
	5.11.2021	780	21 %	449	12 %	440	12 %
	Keskiarvo	249	8 %	66	2 %	50	2 %
<b>Koe 1</b>	<b>Keskiarvo</b>	<b>189</b>	<b>6 %</b>	<b>86</b>	<b>3 %</b>	<b>74</b>	<b>2 %</b>



**Kuva 9.** Kemiallisen hapenkulutuksen (COD) vähenemät (g/vrk) kokeen 1 eri suodatinkäsittelyissä kuvattuna eri kokeen 1 vaiheissa (A = alkuvaihe, B = keskivaihe, C = hidastumisvaihe) sekä koko kokeen 1 aikana. Alkuvaiheesta ei ole COD tuloksia.

**Taulukko 10.** Liuenneen orgaanisen aineen määrää kuvaavan kemiallisen hapenkulutuksen (COD) määrälliset (g/vrk) ja prosentuaaliset vähenemät eri suodatinkäsittelyjen (VLBH30 = lietebiohiili:hiekka 3:7 (ollut jo mukana kokeessa 1), LBH30 = lietebiohiili:hiekka 3:7, BH30 = biohiili:hiekka 3:7, KHS = kontrollihiekkasuodatin) jälkeen.

		COD							
		VLBH30		LBH30		BH30		KHS	
		g/vrk	%	g/vrk	%	g/vrk	%	g/vrk	%
AV	10.6.22	46	2 %	53	2 %	13	0,5 %	33	1 %
Keskivaihe	13.6.22	35	4 %	37	4 %	28	3 %	61	7 %
	15.6.22	26	3 %	49	5 %	28	3 %	37	4 %
	17.6.22	22	2 %	-37	-4 %	2	0,2 %	-18	-2 %
	20.6.22	22	3 %	14	2 %	22	3 %	8	1 %
	22.6.22	-138	-22 %	-89	-14 %	-154	-24 %	-179	-28 %
	Keskim.	-7	-1 %	-5	-1 %	-15	-2 %	-18	-2 %
Hidastumisvaihe	29.6.22	17	8 %	16	7 %	18	8 %	11	5 %
	1.7.22	9	4 %	9	4 %	7	3 %	4	2 %
	4.7.22	11	5 %	11	5 %	11	5 %	10	4 %
	6.7.22	73	33 %	21	9 %	42	19 %	5	2 %
	8.7.22	13	6 %	-4	-2 %	7	3 %	5	2 %
	11.7.22	22	9 %	12	5 %	20	9 %	9	4 %
	13.7.22	9	4 %	8	4 %	9	4 %	8	4 %
	15.7.22	14	8 %	16	9 %	15	8 %	14	7 %
	18.7.22	10	5 %	13	6 %	1	0,5 %	3	1 %
	20.7.22	3	2 %	6	3 %	6	3 %	-1	-0,5 %
	25.7.22	57	34 %	17	10 %	12	7 %	9	6 %
	27.7.22			9	5 %	5	3 %	5	3 %
	29.7.22	13	7 %	13	6 %			8	4 %
	Keskim.	21	10 %	11	5 %	13	6 %	7	3 %
<b>Koe 2</b>	<b>Keskim.</b>	<b>15</b>	<b>3 %</b>	<b>9</b>	<b>2 %</b>	<b>5</b>	<b>1 %</b>	<b>2</b>	<b>0,3 %</b>

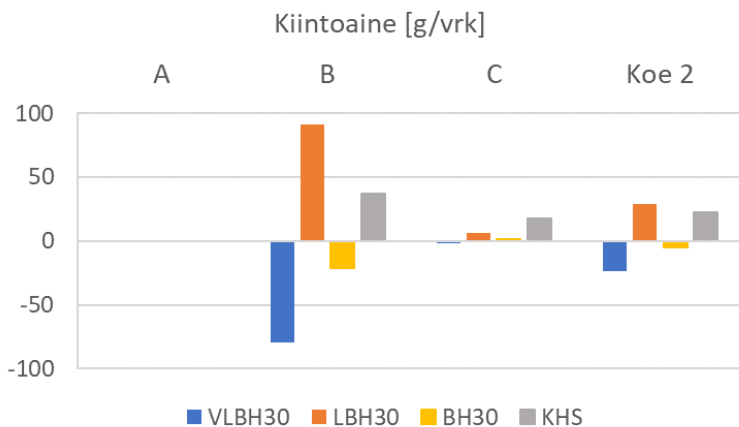


**Kuva 10.** Kemiallisen hapenkulutuksen (COD) sekä kiintoaineen vähenemät (g/vrk) kokeen 2 eri suodatinkäsittelyissä kuvattuna eri kokeen 1 vaiheissa (A = alkuvaihe, B = keskivaihe, C = hidastumisvaihe) sekä koko kokeen 2 aikana. Alkuvaiheesta ei ole lainkaan kiintotuloksia.



**Taulukko 11.** Kiintoaineen määrälliset (g/vrk) ja prosentuaaliset vähenemät eri suodatinkäsittelyissä (VLBH30 = lietebiohiili:hiekka 3:7 (ollut jo mukana kokeessa 1), LBH30 = lietebiohiili:hiekka 3:7, BH30 = biohiili:hiekka 3:7, KHS = kontrollihiekkasuodatin).

		KIINTOAINE							
		VLBH30		LBH30		BH30		KHS	
		g/vrk	%	g/vrk	%	g/vrk	%	g/vrk	%
AV	10.6.22								
Keskivaihe	13.6.22	-118	-37 %	-12	-4 %	-88	-28 %	-85	-27 %
	15.6.22	-172	-34 %	-31	-6 %	-122	-24 %	16	3 %
	17.6.22	-14	-2 %	372	49 %	163	21 %	181	24 %
	20.6.22	-14	-3 %	37	8 %	-38	-9 %	38	9 %
	22.6.22								
	Keskim.	-79	-20 %	91	23 %	-21	-5 %	37	9 %
Hidastumisvaihe	29.6.22								
	1.7.22	-14	-9 %	28	17 %	5	3 %	54	33 %
	4.7.22	20	15 %	6	5 %	-32	-24 %	9	7 %
	6.7.22	-46	-38 %	-29	-24 %	16	13 %	27	22 %
	8.7.22	38	25 %	56	37 %	-6	-4 %	45	30 %
	11.7.22	11	29 %	9	24 %	8	23 %	4	11 %
	13.7.22	8	7 %	-20	-16 %	23	18 %	4	3 %
	15.7.22	-1	-1 %	9	8 %	14	13 %	-6	-5 %
	18.7.22								
	20.7.22	-24	-26 %	10	11 %	1	1 %	1	1 %
	25.7.22	-8	-42 %	5	26 %	-11	-59 %	2	11 %
	27.7.22			-0,3	-0,2 %	-7	-5 %	51	36 %
	29.7.22	-0,003	-4 %	-0,02	-23 %			-0,01	-14 %
	Keskim.	-2	-2 %	7	8 %	1	2 %	18	21 %
<b>Koe 2</b>	<b>Keskim.</b>	<b>-24</b>	<b>-15 %</b>	<b>29</b>	<b>18 %</b>	<b>-5</b>	<b>-3 %</b>	<b>23</b>	<b>14 %</b>



**Kuva 11.** Kiintoaineen vähenemät (g/vrk) kokeen 2 eri suodatinkäsittelyissä kuvattuna eri kokeen 1 vaiheissa (A = alkuvaihe, B = keskivaihe, C = hidastumisvaihe) sekä koko kokeen 2 aikana. Alkuvaiheesta ei ole lainkaan kiintotuloksia.

### 3.1.6. Metallit

Kokeen 1 aikana 14.10.2021 (keskivaihe) sekä kokeen 2 aikana 25.7.2022 (hidastumisvaihe) otetuista vesinäytteistä analysoitiin seuraavat metallit: arseeni, elohopea, kadmium, kromi, kupari, lyijy, nikkeli, sinkki ja vanadiini. Tulokset on esitetty alla olevissa taulukoissa. Suodatuksilla ei ollut mainittavaa vaikutusta mitattuihin raskasmetallipitoisuuksiin.

KOE 1 (14.10.2021)	Syöttövesi	LBH30	LBH70	KHS
Arseeni (As) - (µg/l)	52	37	39	42
Elohopea (Hg) - (µg/l)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Kadmium (Cd) - (µg/l)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Kromi (Cr) - (µg/l)	24	21	22	23
Kupari (Cu) - (µg/l)	<3,0	4,4	3,9	<3,0
Lyijy (Pb) - (µg/l)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Nikkeli (Ni) - (µg/l)	14	14	14	14
Sinkki (Zn) - (µg/l)	18	20	17	14
Vanadiini (V) - (µg/l)	13	12	12	12
Typpihappohajotus	Tehty	Tehty	Tehty	Tehty

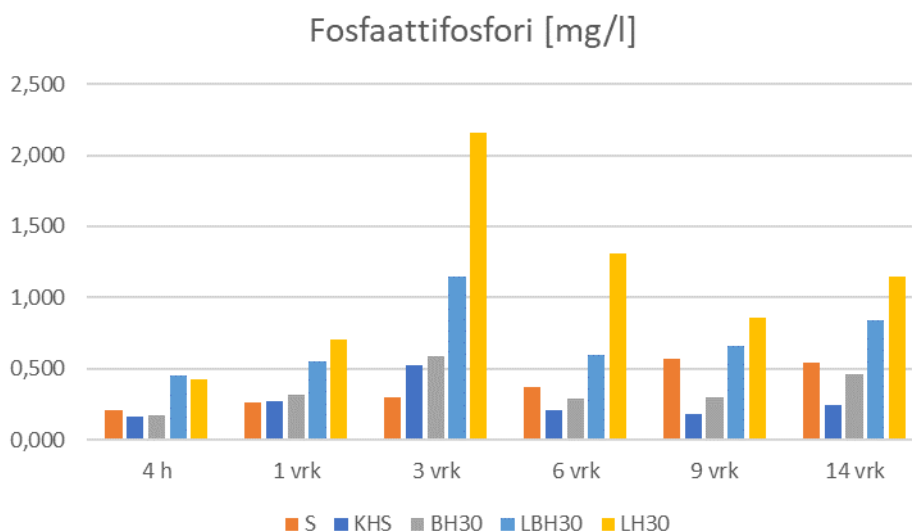
KOE 2 (25.7.2022)	Syöttövesi	LBH30	BH30	KHS
Arseeni (As) - (µg/l)	42	44	180	48
Elohopea (Hg) - (µg/l)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Kadmium (Cd) - (µg/l)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Kromi (Cr) - (µg/l)	17	16	21	16
Kupari (Cu) - (µg/l)	4	5,2	<3,0	<3,0
Lyijy (Pb) - (µg/l)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Nikkeli (Ni) - (µg/l)	13	12	11	11
Sinkki (Zn) - (µg/l)	15	16	10	8,5
Vanadiini (V) - (µg/l)	10	10	15	11
Typpihappohajotus	Tehty	Tehty	Tehty	Tehty

### 3.2. Laboratoriomittakaavan suodatuskoe

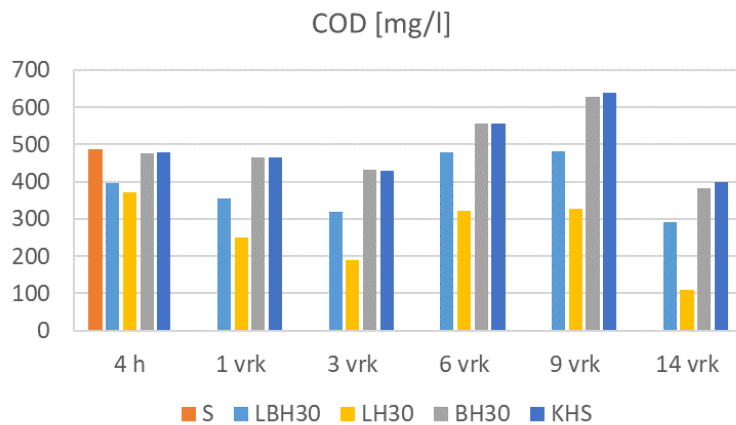
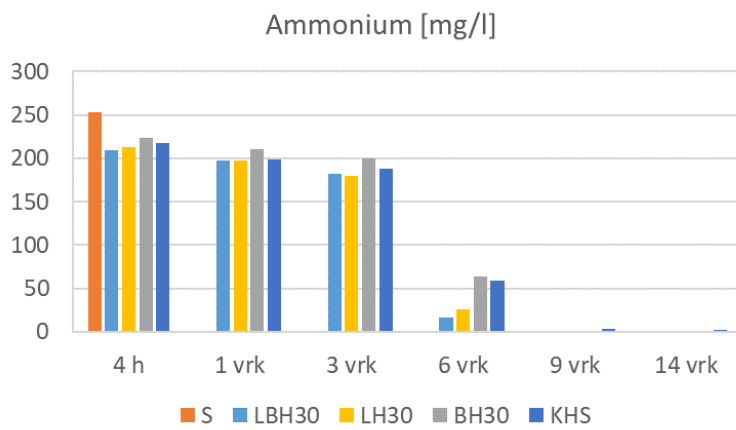
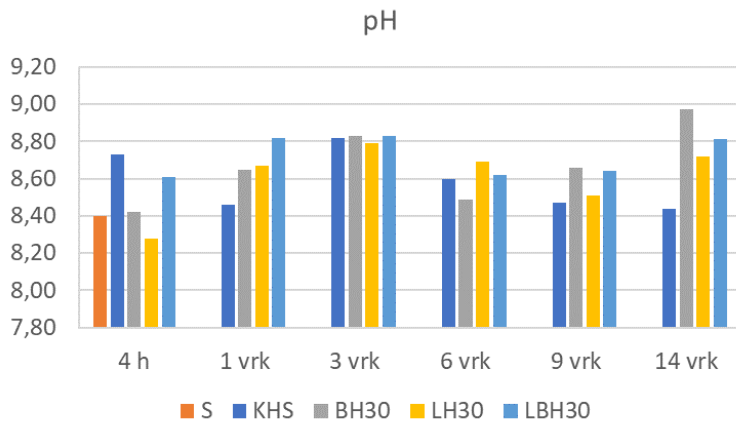
Kuvissa 12 ja 13 on esitetty laboratoriomittakaavan suodatuskokeen tulokset vesistä analysoituina pitoisuuksina tai arvoina kokeen eri vaiheissa. Taulukossa 12 on puolestaan vastaavat prosentuaaliset vähenemät. Kuuden koevuorokauden jälkeen ammoniumtyypen poistoteho parani huomattavasti ja kokeen lopussa lähes 100 % ammoniumtyypestä oli jäänyt suodattimiin ja/tai poistunut systeemistä.

Poistotehokkuudessa suodatintyyppien välillä ei ollut muuten eroa paitsi 6 vuorokauden kohdalla LH30 ja LBH30 suodattimissa tulos oli selvästi parempi. Lämpötila ja pH vaikuttavat, kuinka suuri osa liuoksen ammoniumtypeistä on ammoniummuodossa, ja kuinka suuri osuus herkästi haihtuvassa ammoniakkimuodossa. Huoneenlämmössä, jossa koe suoritettiin, kokeessa mitatuilla pH-arvoilla (8,3-9,0) ammoniakkin osuus ammoniumtypeistä voi olla noin 10-40 %. Toisin sanoen mitä emäksisempi pH, sitä suurempi osuus ammoniumtypeistä muuttuu ammoniakiksi (Ervasti ym. 2018) Suotoveden jo valmiiksi hieman emäksinen pH nousi kokeen aikana käsittelystä riippuen keskimäärin 0,16-0,32 yksikköä. Tämä on saattanut edistää typen poistumista, varsinkin kun ilmalle altis suodatusysteemi, jossa vesi kiertää, voi edesauttaa haihtumista. Suodatinmateriaalien tyypipitoisuuksia ei analysoitu. Fosfaattifosforia oli alkua ja yhtä näytettä lukuun ottamatta lähes poikkeuksetta enemmän suodatetussa vedessä verrattuna alkuperäiseen syöttövedeen. Vertailuksi, työssä analysoitiin myös eri astiassa seisovasta syöttövedestä samat laatutekijät kuin varsinaisista näytteistäkin ja kävi ilmi, että liukoisen fosfaattifosforin pitoisuus kasvoi ajan kuluessa. Sen sijaan ammoniumtypen pitoisuus seisovassa syöttövedessä ei vähentynyt. Toisin sanoen biologisen hajotustoiminnan ja/tai muiden kemiallisten reaktioiden seurauksena liukenematonta fosforia muuttui liukoiseen fosfaattimuotoon vuorokausien kuluessa. Tämä selittää osaltaan, miksi kaikkien suodattimien poistovedessä oli jatkuvasti enemmän fosfaattifosforia verrattuna alkuperäiseen syöttövedeen. Kuitenkin suodattimissa LH20 ja LBH30 oli selvästi enemmän fosfaattifosforia poistuvassa vedessä verrattuna kahteen muuhun. (Taulukko 12, Kuva 12) Tämä viittaisi jälleen kerran siihen, että lieteraaka-ainetta sisältävät biohiilet vapauttaisivat/liukoistaisivat tietyissä oloissa fosforia.

Kenttäolosuhteissa toteutettuihin kokeisiin verrattuna typenpoistumat olivat lähes päinvastaisia, kun taas fosforia ei pidäntynyt lietepohjaista biohiiltä sisältäviin suodattimiin lainkaan. Tulokset osoittavat, kuinka paljon olosuhteet monimutkaistuvat, kun koe siirretään ulkoilmaan isompaan mittakaavaan, vaikka teoriassa laboratoriokoe pyrittiin järjestämään vastaaviin mittasuhteisiin kuin isomman mittakaavan kokeessa. Laboratoriossa toteutettu koe tosin erosi kenttämittakaavan kokeesta sen suhteen, että sama vesi kiersi useampaan kertaan suljetussa systeemissä, jolloin suodatin ei vastaanota jatkuvasti uusia ravinteita.



**Kuva 12.** Laboratoriomittakaavan suodatuskokeessa veden fosfaattifosforin pitoisuudet eri suodatusaikojen jälkeen. S = syöttövesi, suodatinkäsittelyt: LBH30 = lietebiohiili:hiekka 3:7, BH30 = lietehiili:hiekka 3:7, KHS = kontrollihiekkasuodatin



**Kuva 13.** Laboratoriomittakaavan suodatuskokeessa veden pH-arvo, ammoniumtyppi- ja kemiallisen hapenkulutuksen (COD) pitoisuudet eri suodatusaikojen jälkeen. S = syöttövesi, suodatinkäsittelyt: LBH30 = lietebiohiili:hiekka 3:7, LH30 = lietehiili:hiekka 3:7, KHS = kontrollihiekkasuodatin

**Taulukko 12.** Ammoniumtyypen (NH<sub>4</sub>-N), fosfaattifosforin (PO<sub>4</sub>-P) sekä kemiallisen hapenkulutuksen (COD) määrien prosentuaaliset vähenemät laboratoriomittakaavan suodatuskokeessa eri käsittelyaikojen jälkeen.

Aika kokeen alusta	Suodattimen tyyppi	NH <sub>4</sub> -N %	PO <sub>4</sub> -P %	COD %
4 h	Kontrolli, KHS	14	22	1
	Biohiiltä (puu) 30 %, BH30	12	17	2
	Lietehiiltä (liete) 30 %, LH30	16	-105	24
	Lietebiohiiltä (liete+puu) 30 %, LBH30	17	-120	19
1 vrk	Kontrolli, KHS	21	-33	4
	Biohiiltä (puu) 30 %, BH30	17	-51	5
	Lietehiiltä (liete) 30 %, LH30	22	-241	49
	Lietebiohiiltä (liete+puu) 30 %, LBH30	22	-167	27
3 vrk	Kontrolli, KHS	26	-154	12
	Biohiiltä (puu) 30 %, BH30	21	-184	11
	Lietehiiltä (liete) 30 %, LH30	29	-949	61
	Lietebiohiiltä (liete+puu) 30 %, LBH30	28	-458	35
6 vrk	Kontrolli, KHS	77	-2	-14
	Biohiiltä (puu) 30 %, BH30	75	-41	-14
	Lietehiiltä (liete) 30 %, LH30	90	-536	34
	Lietebiohiiltä (liete+puu) 30 %, LBH30	93	-190	2
9 vrk	Kontrolli, KHS	98,6	12	-31
	Biohiiltä (puu) 30 %, BH30	99,6	-43	-29
	Lietehiiltä (liete) 30 %, LH30	99,9	-315	33
	Lietebiohiiltä (liete+puu) 30 %, LBH30	99,8	-218	1
14 vrk	Kontrolli, KHS	99,2	-17	18
	Biohiiltä (puu) 30 %, BH30	99,7	-123	22
	Lietehiiltä (liete) 30 %, LH30	99,9	-458	77
	Lietebiohiiltä (liete+puu) 30 %, LBH30	99,8	-310	40

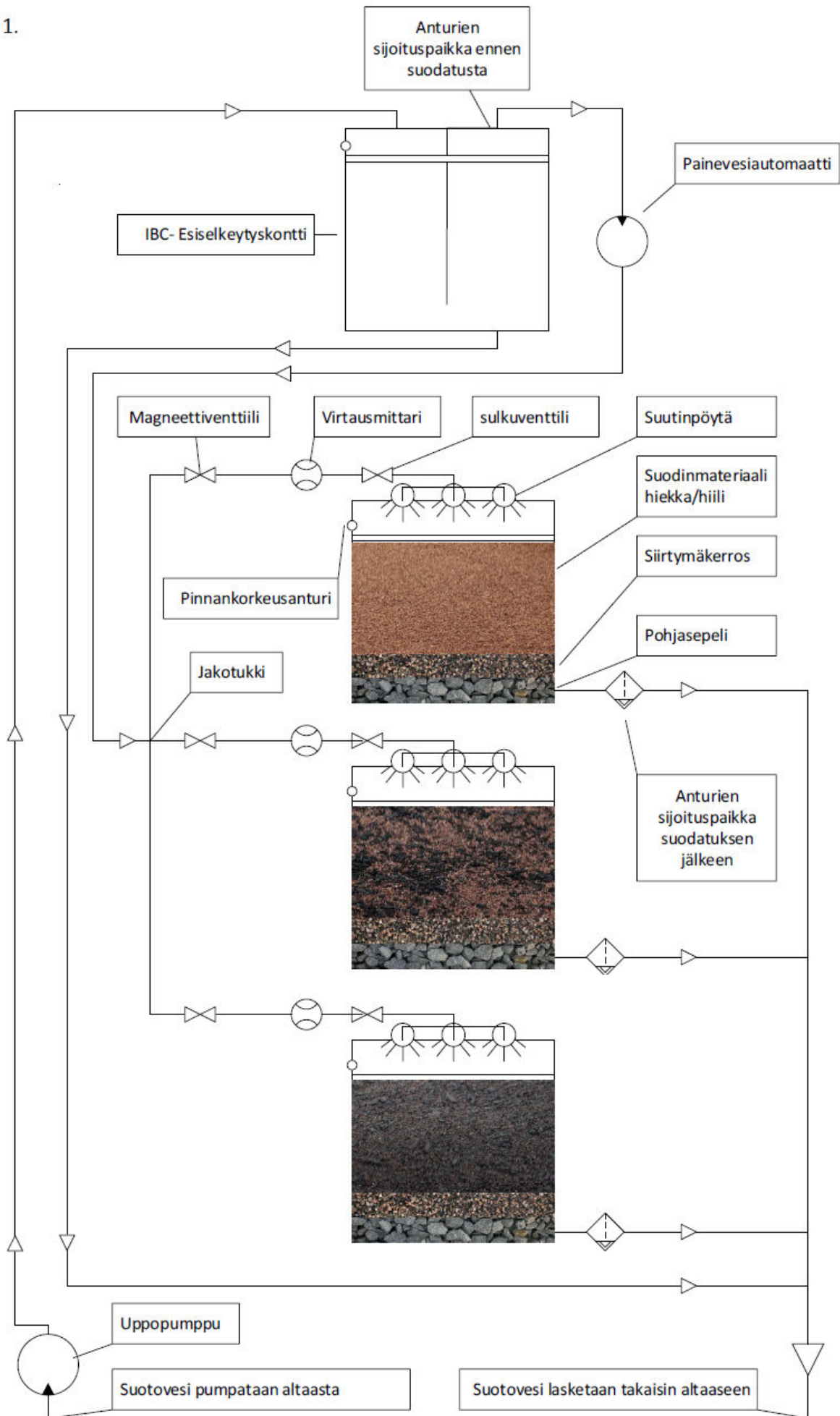
#### 4. Yhteenveto ja johtopäätökset

Jätteidenkäsittelyalueiden suotovesien käsittelyssä lietebiohiilen käytöllä hiekkasuodattimien tehostajana on potentiaalia. Kenttämittakaavan kokeissa lietebiohiiltä sisältävät suodattimet onnistuivat poistamaan keskimäärin 6-18 % suodattimiin tulevasta liukoisesta fosforikuormasta. Sen sijaan erityisesti laboratoriotason kokeissa lietebiohiili-hiekkasuodattimet näyttivät ajoittain vapauttavan fosforia. Vaikka suotovesialtaalla tehdyissä kokeissa typen pidäytyminen jäi keskimäärin vähäiseksi, laboratoriomittakaavassa onnistuttiin poistamaan tyyppi suotovedestä lähes täydellisesti. Tämä viittaa siihen, että vastaava saattaisi olla mahdollista myös kenttäolosuhteissa. Suodatinten toimivuuteen vaikuttavat prosessit ovat kuitenkin monimutkaisia ja ei-toivottujen yhdisteiden poistotehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä on useita. Lisäksi eri tekijöiden keskinäisiä syy-seuraussuhteita ei välttämättä täysin tunneta ja kaikkia tekijöitä voi olla käytännössä epärealistista mitata. Tarvitaan kuitenkin lisää tutkimusta, jotta saataisiin selkeämpi käsitys siitä, miksi typen, fosforin ja orgaanisen aineksen poistaminen käsiteltävästä vedestä välillä onnistuu ja välillä ei.

## 5. Kirjallisuus

- Berninger, K., Pihl, T., Kasanen, P., Mikkola, A., Tynkkynen, O. & Vahala, R. (2017). *Jätevesien fosfori hyötykäyttöön – teknologioita ja ohjauskeinoja*. Valtioneuvosto. 62/2017.  
[http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/80670/62\\_Jatevesienfosforihotykyttoon\\_30082017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/80670/62_Jatevesienfosforihotykyttoon_30082017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Bioenergia ry. (18.12.2022). *Biohiili*. <https://www.bioenergia.fi/biohiili/>
- Carbofex Ltd. (21.12.2022). *About our biochar*. <https://www.carbofex.fi/>
- Elo, A. (3.12.2020). *Biohiili valumavesien suodatuksessa* [esitysmateriaali]. Vanajavesikeskus.  
<https://www.vanajavesi.fi/2020/wp-content/uploads/2019/03/Biohiili-valumavesien-suodatuksessa-Hamk.pdf>
- Elo, A., Nummela, J. & Kymäläinen, M. (2021). *Biohiili kiertotalousratkaisuna Kanta-Hämeessä*. Hämeen ammattikorkeakoulu. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-951-784-835-0>
- Ervasti, S., Winquist, E., Rasi & S. (2018). *Typen talteenotto lantaperäisestä nesteestä – tekninen toteutettavuus ja prosessin kannattavuusarvio*. Luonnonvarakeskus.  
[https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/541453/lukeluobio\\_4\\_2018.pdf?sequence=1](https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/541453/lukeluobio_4_2018.pdf?sequence=1)
- Helsingin seudun ympäristöpalvelut HSY. (2022). *Lietehiilihanke*. <https://www.hsy.fi/lietehiilihanke/>
- HAMK. (2023). *Hulvattu*. <https://www.hamk.fi/projektit/hulvattu/>
- Kiertokapula. (2021). *Karanojan jätteidenkäsittelyalue, Hömeenlinna*.  
<https://vuosikatsaus.kiertokapula.fi/2021-2/ymparistokatsaus/karanojan-jatteidenkasittelyalue-hameenlinna/>
- Mykkänen, A., Hämäläinen, L. & Saarelainen, J. Ristiinan vanhan kaatopaikan suotovesien biosuodatuslaitteisto – Huky-hankkeen tulokset vuosina 2019 ja 2020. Teoksessa A. Mykkänen (toim.), *Hulevesien käsittelyn T&K-ympäristö* (ss. 112–113). Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu.
- Ympäristölupapäätös Nro 246/2017/1 Dnro ESAVI/10840/2014.  
<https://ylupa.avi.fi/api/v1/documents/attachment/8932883>
- Ympäristölupapäätös Nro 473/2020 Dnro ESAVI/11420/2019.  
<https://ylupa.avi.fi/api/v1/documents/attachment/8932883>

Liite 1.



Liite 2.

KOE 1		
09/2021	8	A L K U V A I H E
	9	
	10	
	11	
	12	
	13	
	14	
	15	
	16	
	17	
	18	
	19	
	20	
	21	
	22	
	23	
	24	
25		
26		
27		
28		
10/2021	29	K E S K I V A I H E
	30	
	1	
	2	
	3	
	4	
	5	
	6	
	7	
	8	
	9	
	10	
	11	
	12	
	13	
14		
15		
16		
17		
18		
19		
11/2021	20	H I D A S T U M I S V A I H E
	21	
	22	
	23	
	24	
	25	
	26	
	27	
	28	
	29	
	30	
31		
	1	
	2	
	3	
	4	
	5	

KOE 2		
06/2022	8	A V
	9	
	10	
	11	
	12	
	13	
	14	
	15	
	16	
	17	
07/2022	18	K E S K I V
	19	
	20	
	21	
	22	
	23	
	24	
	25	
	26	
	27	
07/2022	28	H I D A S T U M I S V A I H E
	29	
	30	
	1	
	2	
	3	
	4	
	5	
	6	
	7	
	8	
	9	
	10	
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		



# HULVATTU WSSP- ohjeet

OPINNÄYTETYÖ LIITE 2  
SAMULI RIIHIJÄRVI

## Sisälllys

Johdanto ja käyttötarkoitus .....	3
Valmistelut ja aineistot .....	4
Ohjeiden käyttö .....	4
Linkit avoimiin aineistoihin .....	11
Liitännäiset.....	12
Liitännäisten asennus .....	12
Yleiskaavan ja hulevesiverkoston tekniset vaatimukset WSSP:sa.....	14
WSSP valuma-aluemoduuli.....	16
Esivalmistelut ja korkeusmallin luominen .....	17
QGIS- tukeman vektoritiedoston tuominen .....	20
Teknisen piirustuksen tuominen .DWG ja .DFX.....	20
Polttotason täydentävät aineistot .....	23
Polttotason geometrian muuntaminen .....	23
Polttotason yhdistäminen.....	25
Polttotason leikkaaminen .....	26
Korkeusmallin polttaminen.....	28
Muotoilu ja häivyttäminen .....	31
Valuma-alueiden ja uomaverkon määrittäminen r.watershed:lla .....	34
WSSP Maankäyttöluokka- ja muutosaluemoduuli .....	48
QGIS- tukeman vektoritiedoston tuominen .....	49
Teknisen piirustuksen tuominen .DWG ja .DFX.....	49
Pirstaleisen viivamuotoisen geometrian muuntaminen monikulmioksi.....	50
Kaavan käyttötarkoitusta vastaavan tiedon liittäminen monikulmioon sijainnin avulla .....	51
Projektointi .....	55
Yleiskaavan topologisten virheiden korjaus .....	56
Maankäyttöluokittelu .....	72
Maankäyttöluokittelu QGIS:n avulla.....	73
Maankäyttöluokittelu taulukointiohjelman avulla .....	77
Täydentäminen Maanmittauslaitoksen aineistoilla .....	80
Täydentäminen Luonnonvarakeskuksen aineistoilla.....	85
Korjatun maankäytön luominen .....	93
Digitointi ja ilmakuvakorjaus .....	95
Muutosalueiden määrittäminen.....	96
WSSP-riskimoduuli.....	100

Esivalmistelut .....	101
Kaltevuus.....	103
Maalajin hydrologinen läpäisevyys.....	106
Läpäisemättömyys .....	109
NDVI .....	113
Etäisyys valuntaverkkoon .....	114
Maankäyttöluokkakohtaisen ihmistoiminnan aiheuttama riski.....	121
Riskin yhteen laskeminen .....	123
Pohjavesialueet ja Happamat sulfaattimaat.....	127
Tulvariski .....	127

## Johdanto ja käyttötarkoitus

Tämä dokumentti sisältää ohjeet (Water Shed Safety Plan) eli WSSP:n toteuttamiseen. Ohjeiden tarkoituksena on neuvoa lukijaa luomaan WSSP-paikkatietokannat. Ohjeissa oletetaan, että lukijalla on perusosaaminen paikkatiedosta. Ohjeet on kirjoitettu QGIS 3.22.7, jonka kautta kaikkia FOSS4G geospaatialisia kirjastoja (GDAL) sekä -sovelluksia (GRASS GIS) käytetään. Ohjeet eivät välttämättä toimi muilla QGIS-versioilla, eivätkä toimi ilman GRASS GIS sovellusta. Pilotointi toteutettiin Windows 10 käyttäjärjestelmällä.

WSSP on tarkoitettu viranomaiskäyttöön hulevesien turvallisuuspohjaiseen valuma-alue tarkasteluun. WSSP:n avulla voidaan tutkia hulevesien taajamien alueellisia riskejä, tarkastella maankäyttöä ja muutosalueita, muodostaa taajamissa valuma-alueita.

Kaikki WSSP:sa käytetyt menetelmät ovat tyyppisiä paikkatiedon menetelmiä. Lähtöaineistot ovat valmiiksi tuotettuja, joita muokkaamalla päästään haluttuun lopputulokseen, kenttädataa ei tarvitse kerätä. Hulevesiviemäriverkon ja yleiskaavan tekninen piirustus ei ole välttämättä avointa aineistoa sidosryhmien ulkopuolisille ryhmille. WSSP:sa on myös sovellettu muutamia maksuttomia liitännäisiä työskentelyn helpottamiseksi. Näiden käyttö on suositeltavaa.

Ohjeiden yksikkönä toimii aina metrit, ellei toisin mainita. Koordinaatistona käytetään ensisijaisesti EPSG:3067, ETRS-TM35FIN – järjestelmää, ellei toisin mainita. Ohjeiden osittaisena käyttökielenä on englanti, johtuen QGIS:n puutteellisesta suomenkielisestä käännöksestä.

Yksiköt voi vaihtaa metreiksi: *Options -> Map tools*

Kielen voi vaihtaa: *Options -> General*. Asetusten vaihtamisen jälkeen ohjelma on käynnistettävä uudelleen.

Koordinaattijärjestelmän asetukset voi vaihtaa: *Options -> CRS*

WSSP-ohje koostuu kolmesta moduulista:

1. WSSP valuma-alue moduulissa määritellään tarkasteltavan vesistön valuma-alueet ja tarpeen mukaan osavaluma-alueet.
2. WSSP Maankäyttöluokka- ja muutosalue moduulissa luodaan hulevesien maankäyttöluokittelu ja paikannetaan muutosalueet.
3. WSSP-riskimoduulissa kartoitetaan hulevesien alueelliset riskit.

# Valmistelut ja aineistot

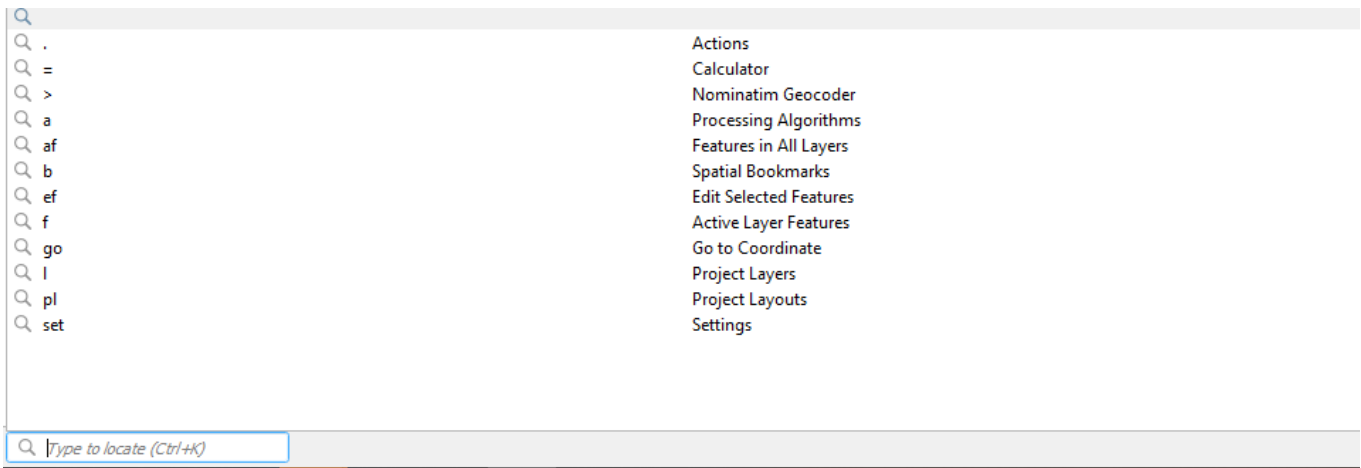


Kuva 1. Kuvituskuva. Pilottialueen kolmiulotteinen kartta.

Ennen WSSP:n aloittamista on suositeltavaa lukea tai tutustua WSSP tietokantaan ja HULVATTU loppuraporttiin. Tietokanta sisältää kaikki WSSP-työkalun paikkatietoaineistojen selitykset sekä WSSP-moduulien kuvailut.

## Ohjeiden käyttö

Ohjeiden seuraamisen nopeuttamiseksi voidaan käyttää hakutoimintoa. Standardinäkyessä hakutoiminto (Ctrl+ k), löytyy QGIS:n vasemmasta alanurkasta. Ohjeissa hakutermin on väritetty **punaisella**. Käyttämällä hakutoimintoa, ohjeissa esitettyä polkua ei ole pakko seurata, vaan hakutermin voi kopioida suoraan hakupalkkiin. **QGIS sisältää toisinaan useita samannimisiä -ja kaltaisia työkaluja, joten hakutoiminnon kanssa on syytä olla tarkka!**

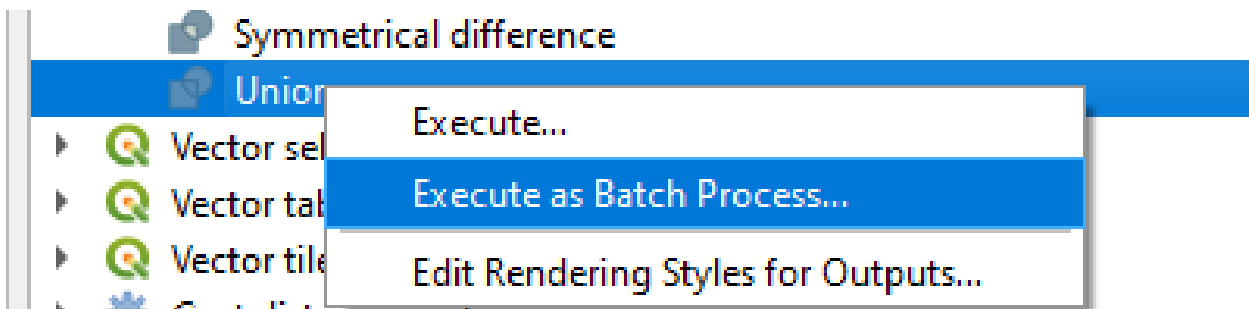


Kuva 2. Hakutoiminto

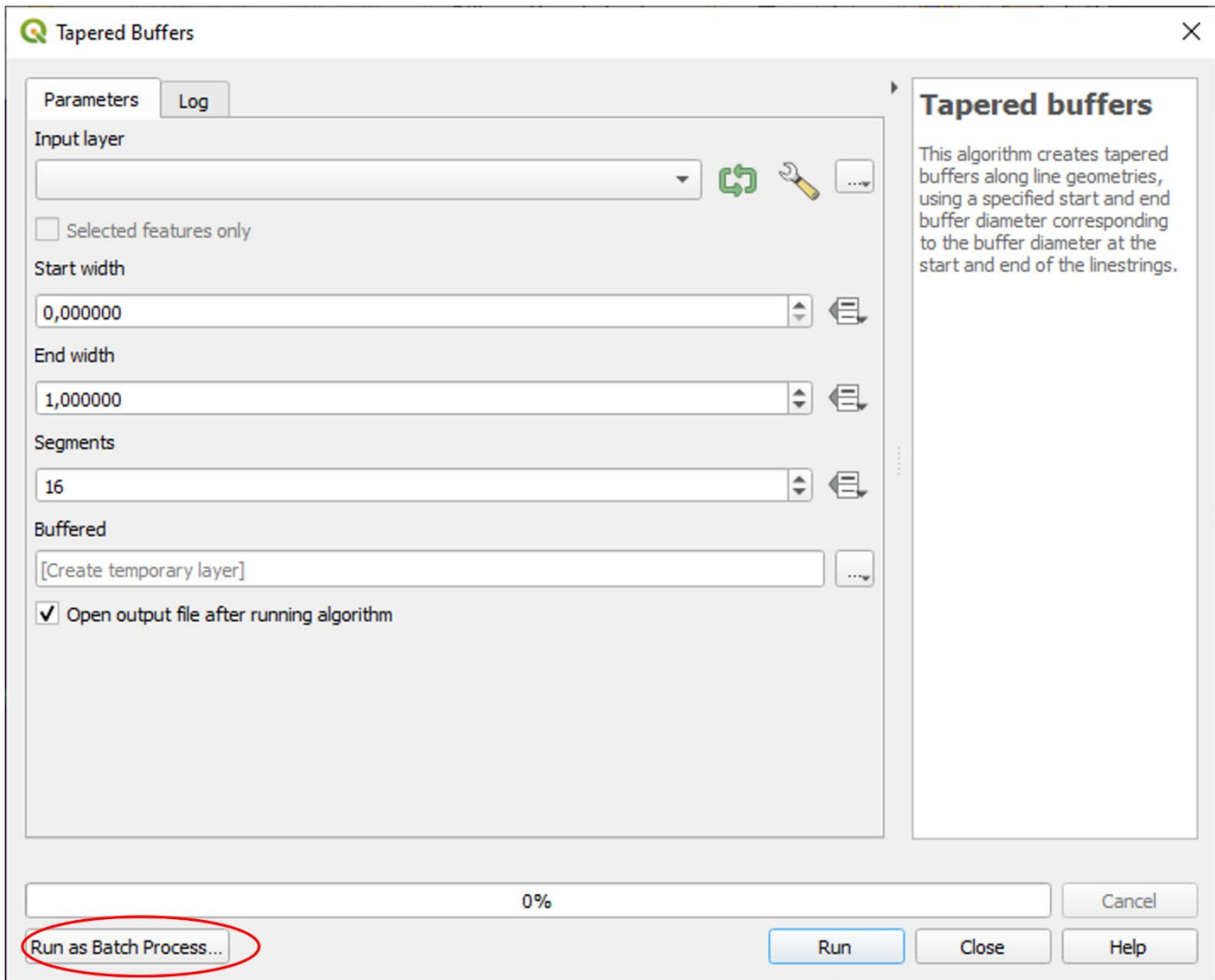
*Kursiivilla* viitataan joko tason nimeen kuten ”*polttotaso*.” Sillä voidaan myös viitata toimintoon, työkaluun tai parametriin kuten *layers panel*. **Lihavoinnilla** korostetaan **kriittisiä** tai huomionarvoisia asioita.

### Batch processing

Ohjeissa on toisinaan tarve toteuttaa prosessi erissä. Tällä tarkoitetaan *batch processing* -toimintoa. Toiminnon avulla voidaan toteuttaa työkaluja erissä, valitulle määrälle aineistoa. Esimerkiksi useita eri tasoja voidaan leikata samanaikaisesti. Toiminnolla voidaan asettaa samat, tai eri parametrit eri tasoille.



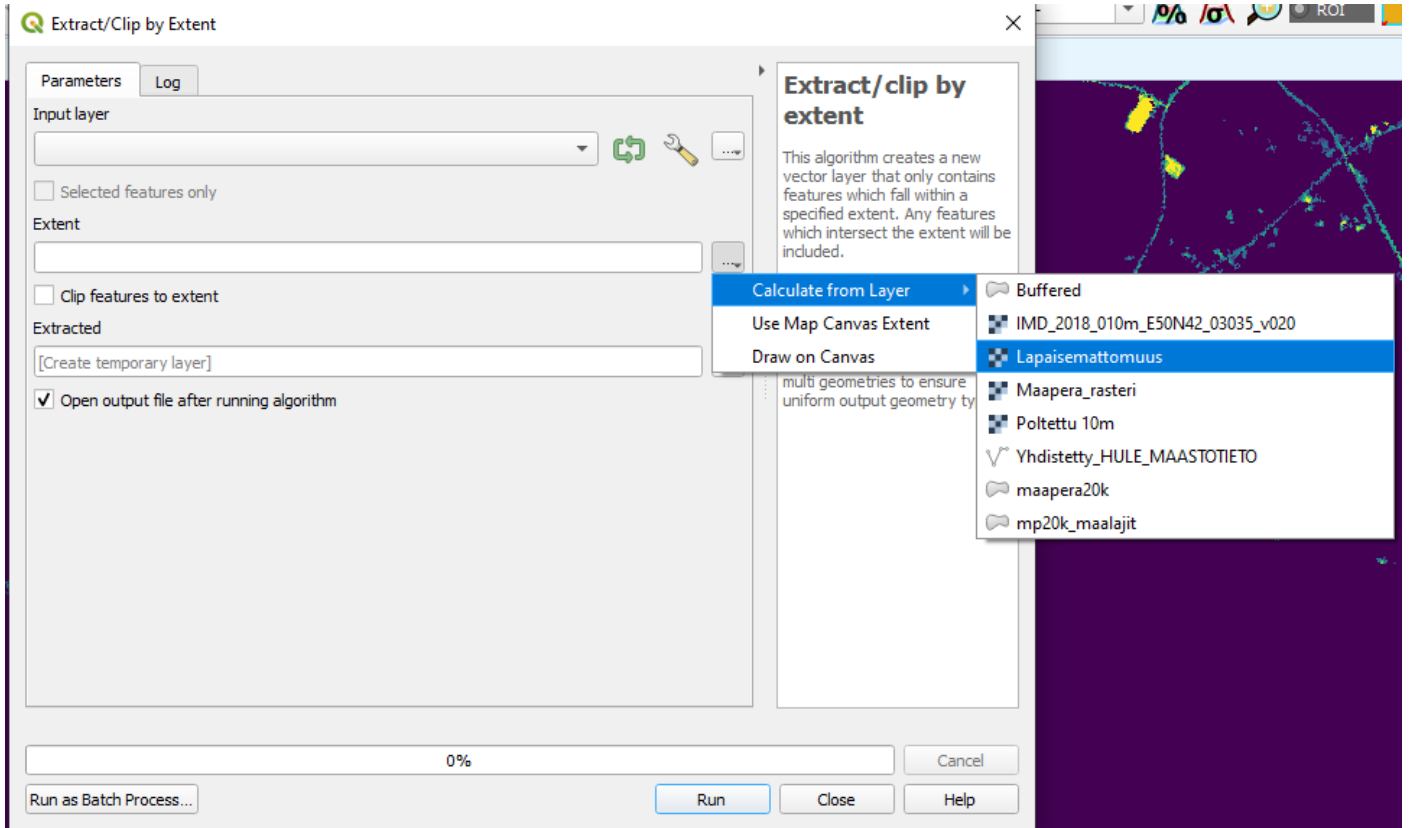
Kuva 3. Batch processing, Processing toolbox -kautta.



Kuva 4. Batch Processing työkalun kautta.

Extent/ GRASS region extent

Useissa *GRASS*- työkaluissa on mahdollista säätää työkalu toimimaan tietyllä alueella. Laskettava alue voidaan piirtää työtilaan hiirellä, valita työtilan ikkunasta, asettaa koordinaateilla tai piirtää valitusta tasosta. Mikäli toiminto on tarjolla, asetus löytyy joko suoraan työkalusta tai *Advanced parameters* -> *Grass region extent*.

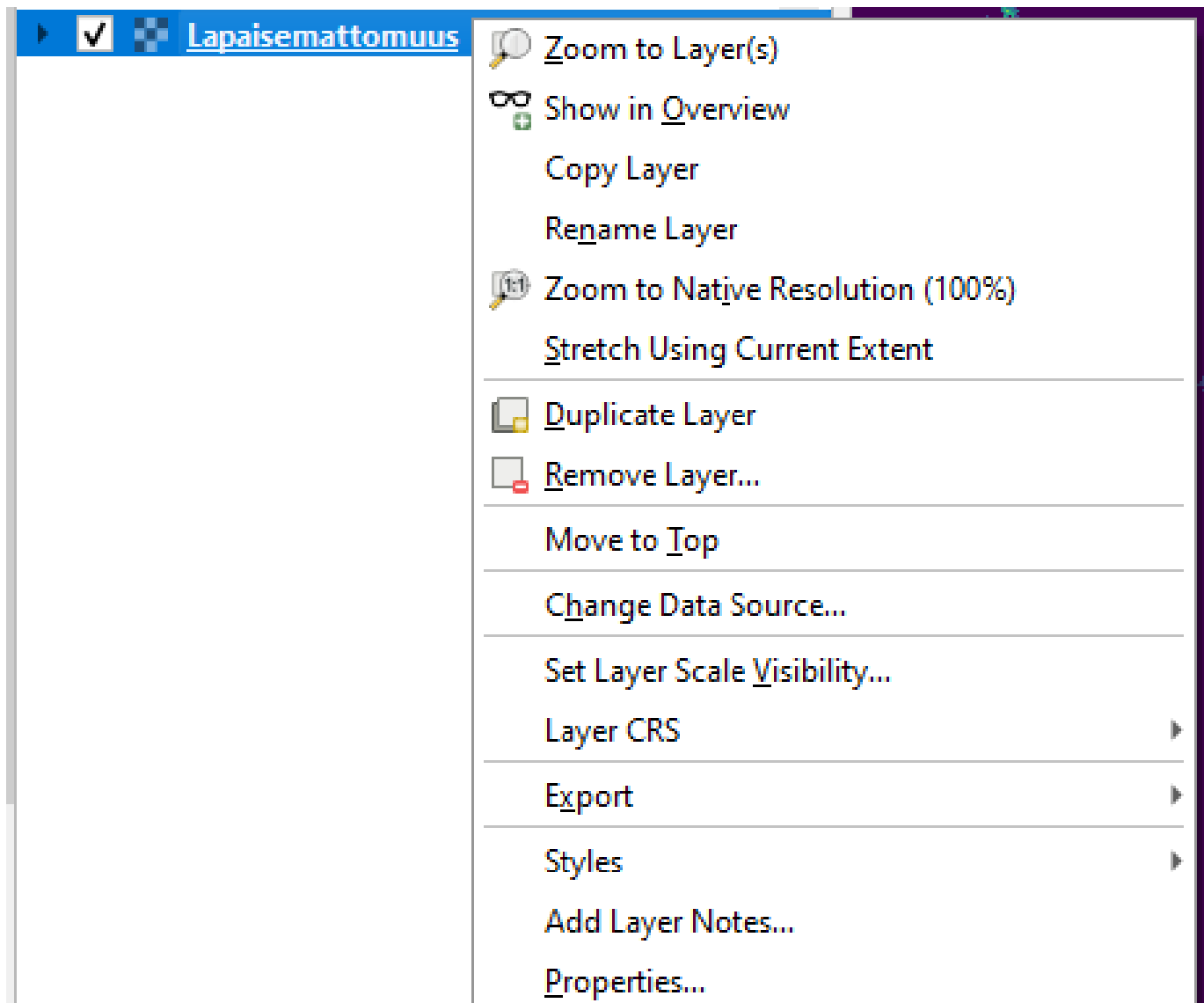


Kuva 5. Extent. Laskualueen rajaus rasteritasolla.

Avataan tason välilehti

Ohjeissa tason välilehdellä tarkoitetaan tasoikkunasta (*layers panel*) avattavaa ikkunaa, jossa on useita eri toimintoja. Muun muassa tason ominaisuudet, tyylit ja attribuuttitaulukko sekä *geometry calculator* -liitännäinen löytyvät tason välilehdeltä.

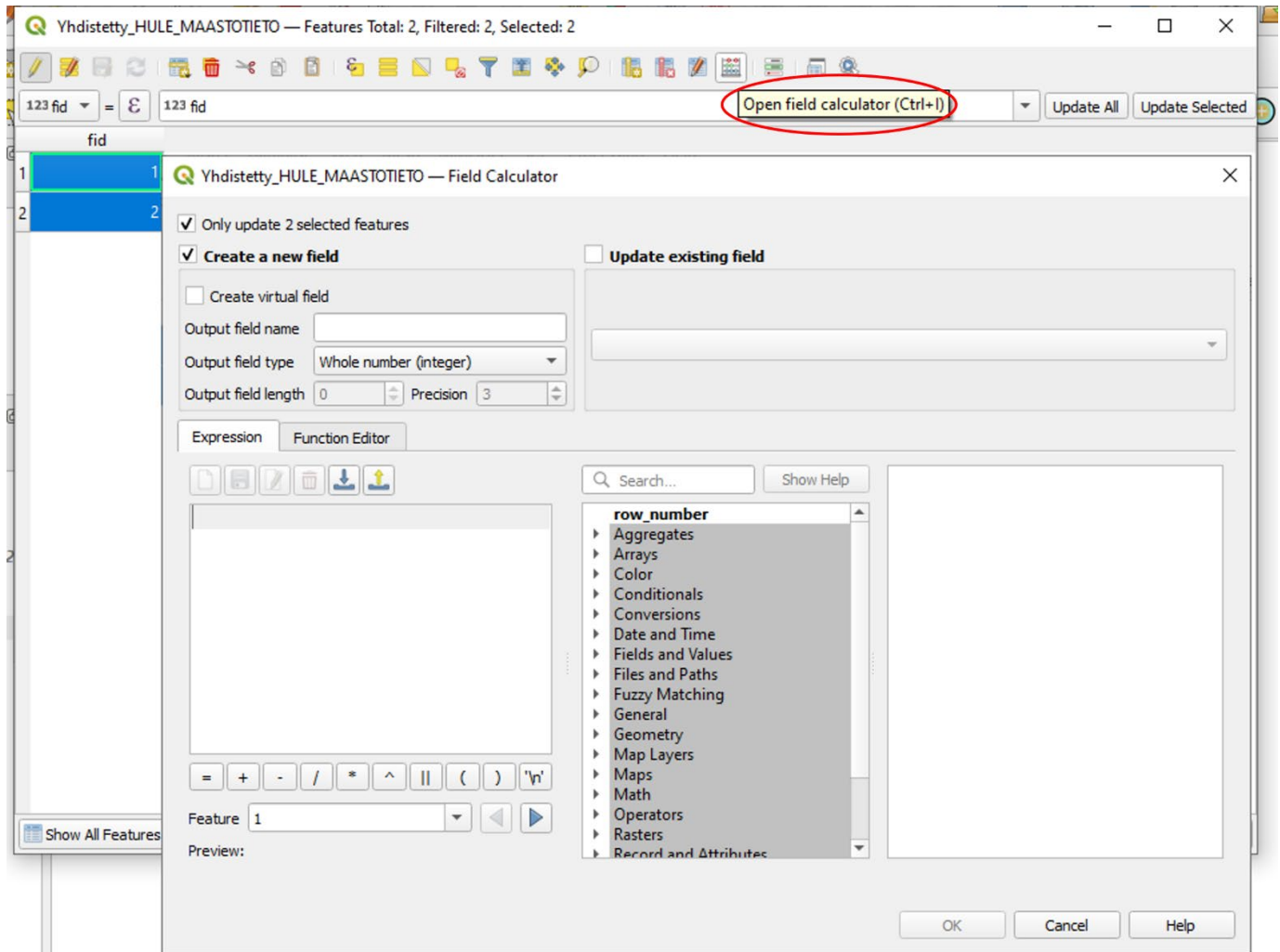




Kuva 6. Tason välilehti.

## Kenttälaskin (Field calculator)

Kenttälaskimeen pääsee käsiksi attribuuttitaulukon kautta, joko avaamalla tason välilehden tai valitsemalla attribuuttitaulukon työkaluriviltä (Ctrl+i) tai *Open field calculator*



Kuva 7. Kenttälaskin.

## Aineiston tiputtaminen työtilaan

Ohjeissa viitataan usein aineiston "tiputtamiseen". Tällä tarkoitetaan yksinkertaisesti aineistojen liittämistä työtilaan. Liitettävät tiedostot valitaan sekä raahataan *layers panel* päälle ja tiputetaan. Kaikki QGIS:n tukemat tiedostomuodot voidaan liittää työtilaan kyseisellä tavalla.

## Kuvien seuraaminen

Johtuen pilotoinnin ja ohjeiden testauksen pituudesta, kaikki kuvat eivät ole ajantasaisia. **Kirjalliset ohjeet menevät aina kuvien esittämien parametrien ja toimien edelle.** Kuvat on tarkoitettu täydentämään kirjallisia ohjeita, eikä niitä ole pakollista hyödyntää.

## Digitointi

Digitoinnilla viitataan vektoritason muokkaamiseen *Vertex tool* -työkalun avulla. Digitointia ei erikseen ohjeisteta WSSP:sa, vaan oletetaan, että lukija kykenee digitoimaan omatoimisesti.

Tallentaminen väliaikaisena

Ohjeissa väliaikaisella tallentamisella viitataan QGIS:n luomiin väliaikaisiin tasoihin. Halutessaan kaikki tasot voidaan tallentaa pysyvästi, tunnistettavalla tavalla. Vaihtoehtoisesti *memory layer saver* -liitännäinen tekee tasoista pysyviä.

## Linkit avoimiin aineistoihin

Tämä osio sisältää linkit kaikkiin hyödynnettävissä oleviin avoimiin aineistoihin. Aineistot tulee korvata uudemmilla ja tarkemmilla aineistoilla sitä mukaa, kun niitä julkaistaan.

**HUOM!** Kunnallinen aineisto, kuten hulevesijärjestelmän ja kaavan tekniset piirrokset eivät ole avointa aineistoa sidosryhmien ulkopuolisille käyttäjille. Niiden käyttö on kuitenkin välttämätöntä WSSP:n parhaan mahdollisen toteutuksen kannalta.

### Maanmittauslaitos

Aineistot: Korkeusmalli 2 m, Ilmakuvat, Maastotietokanta

<https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/tiedostopalvelu>

### Suomen ympäristökeskus

Aineistot: NVDI

<https://ckan.ymparisto.fi/dataset/ndvi-n-maksimiarvo-v-2021>

### Geologian tutkimuskeskus

Aineistot: Maaperä 1:20 000 / 1:50 000

<https://hakku.gtk.fi/fi/locations/search>

### European Environmental Agency

Aineistot: Imperviousness Density 2018

<https://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers/imperviousness/status-maps/imperviousness-density-2018>

### Luonnonvarakeskus

Aineistot: Puuston keskipituus 2019 (dm), Puuston latvuspeittävyys koko puusto 2019

<https://kartta.luke.fi/opensdata/valinta.html>

## Liitännäiset

Kaikki käytetyt liitännäiset ovat maksuttomia. Liitännäiset eivät ole välttämättömiä, mutta ne helpottavat työskentelyä. Ohjeet on kirjoitettu liitännäisiin nojaten. Kaikki käytetyt liitännäiset voidaan asentaa suoraan QGIS:n kautta.

- autoSaver
- Multipart Split
- Geometry calculator

## Liitännäisten asennus

Asenna ylempanä luetellut liitännäiset. Seuraa asentamisessa lisäosan tarjoajan ohjeita, mikäli tarpeellista.

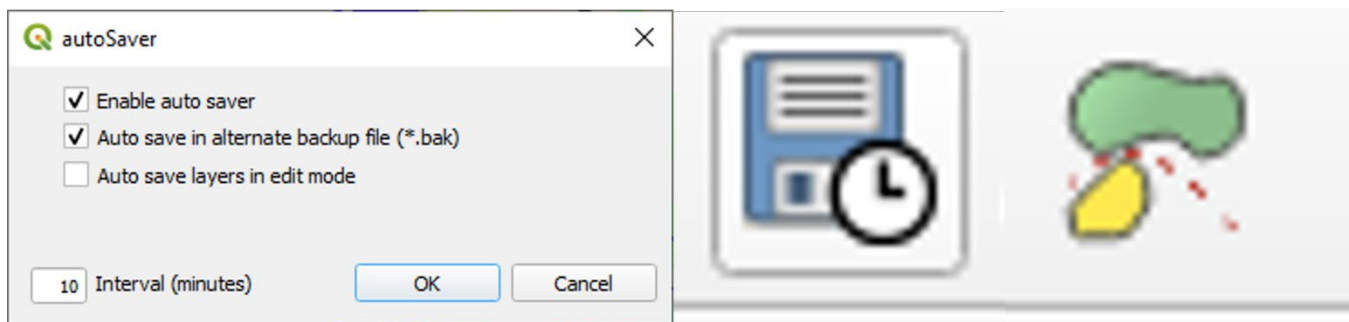
1. Avataan liitännäishallinta. Tämä löytyy ylimmäältä riviltä. *Plugins -> Manage and install plugins -> All*. Kirjoitetaan hakuriville asennettavan lisäosan nimi ja asennetaan lisäosa. -> *Install plugin*.

2. Toistetaan vaihe 1. uudelleen kunnes kaikki liitännäiset on asennettu.

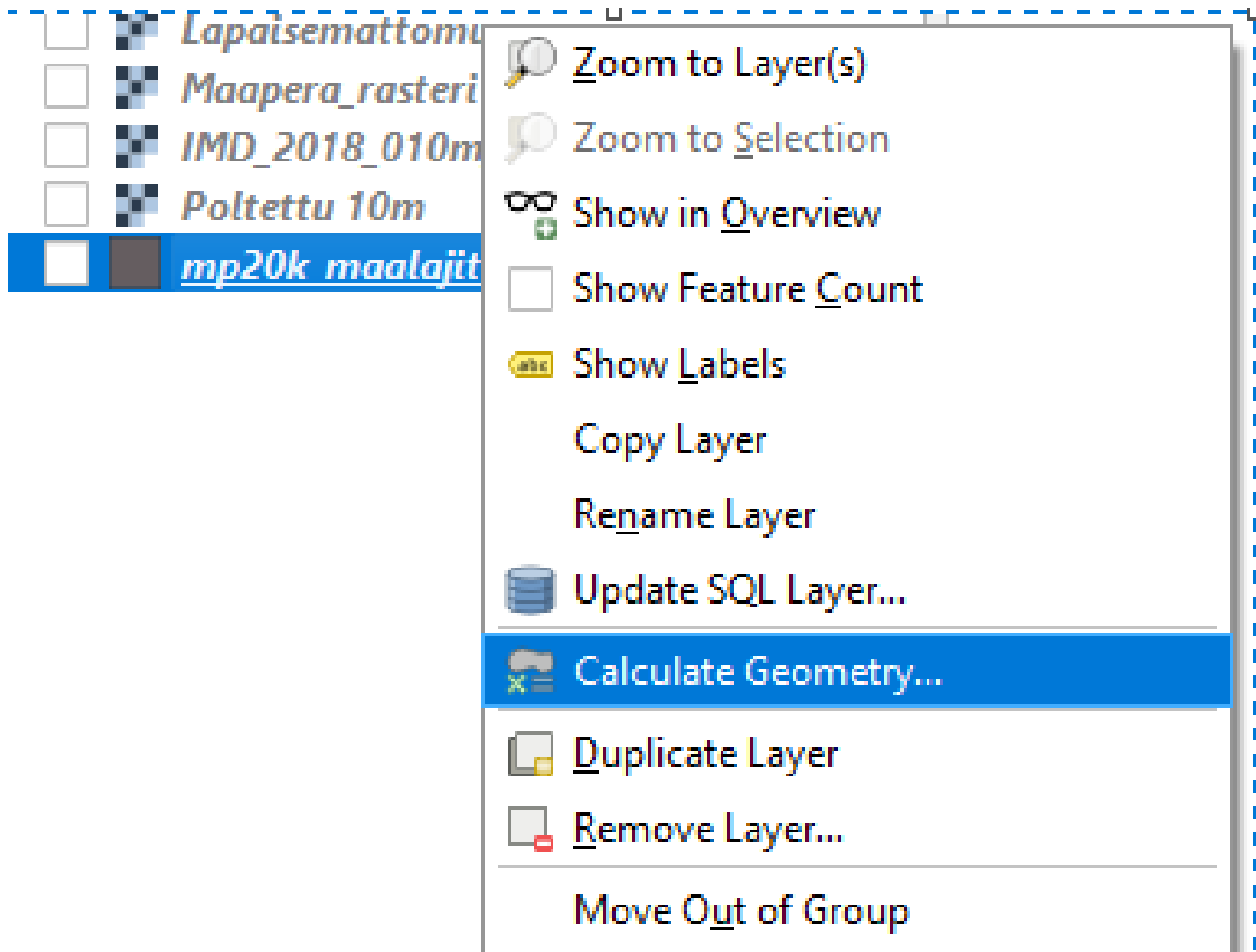
*autoSaver* -liitännäinen tallentaa työtilan ja tasojen muokkaukset käyttäjän määrittämässä aikaikkunassa ja vähentää ylivoimaisten esteiden (ohjelmiston kaatuminen, sähkökatko) aiheuttamaa työhävikkiä. **Lisäosa täytyy muistaa kytkeä päälle aina, kun työtilan aukaisee.** Asennuksen jälkeen lisäosa löytyy *Data Source Manager Toolbar* -työkaluriviltä.

*Multipart Split* on editointityökalu, jonka avulla voidaan nappia painamalla muuttaa moniosaiset geometriat yksiosaisiksi. Asennuksen jälkeen lisäosa löytyy *Advanced Digitizing Toolbar* -työkaluriviltä. Liitännäisen käytön voi kiertää *singleparts to multipart* -komennon avulla.

*Geometry calculator* nopeuttaa vektorien pinta-alan laskemista. Asennuksen jälkeen liitännäinen löytyy tason välilehdeltä (*layers panel*). Liitännäisen käytön voi kiertää kenttälaskimen avulla.



Kuva 8. Autosaver -liitännäiset ja autosaver kuvake. Oikealla multipart split kuvake.



Kuva 9. Geometry calculator -liitännäinen.

## Yleiskaavan ja hulevesiverkoston tekniset vaatimukset WSSP:sa

Korkeusmallin hydrologisessa eheyttämisessä apuna toimii kunnallinen hulevesiviemäriverkosto. WSSP-maankäyttöluokituksessa ja muutosalueiden paikantamisessa lähtöaineistona toimii yleiskaava.

Paras mahdollinen tulos saadaan, kun hulevesiverkosto ja yleiskaava hankitaan:

1. QGIS:in [tukema vektoritiedostona](#).
2. Teknisenä piirustuksena .DWG- tai .DFX-muodossa. (QGIS ei tue 2018–2020 AUTOCAD-piirroksia).

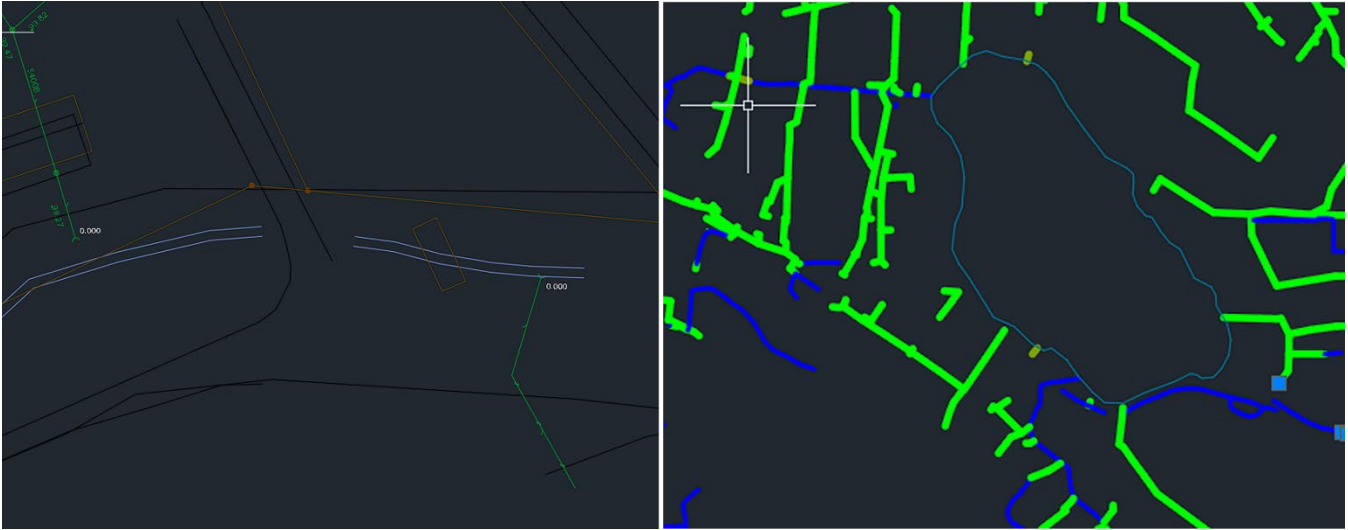
**Yleiskaavan on oltava topografisesti ehjä ja geometrialtaan monikulmio.** Kaavan epäjatkuvuudet, limittäisyydet ja reiät vaativat korjausta sekä tarkoittavat lisätöitä, tai korjaamatta jätettäessä vääristävät tuloksia, riippuen topografian rikkinaisuudesta.

**Jokaisella yleiskaavan kohteella tulee olla kaavanmukaista käyttötarkoitusta vastaava ominaisuustieto.** Käyttötarkoitusta vastaava ominaisuustieto on oleellinen, sillä ilman sitä ei voida luokitella maankäyttöä. Idealisesti ominaisuustietona on yleiskaavan käyttötarkoitusta vastaava lyhenne (AS, AS/I, V, W, VP jne.) Mikä tahansa käyttötarkoitusta merkitsevä ominaisuustieto käy, kuten numerosarja.



Kuva 10. Vasemmalla monikulmiomuotoinen ja jatkuva kaava. Värit osoittava kaavanmukaisen käyttötarkoituksen. Oikealla viivamuotoinen kaava, jossa käyttötarkoitusta ilmaisee erillinen pistetaso.

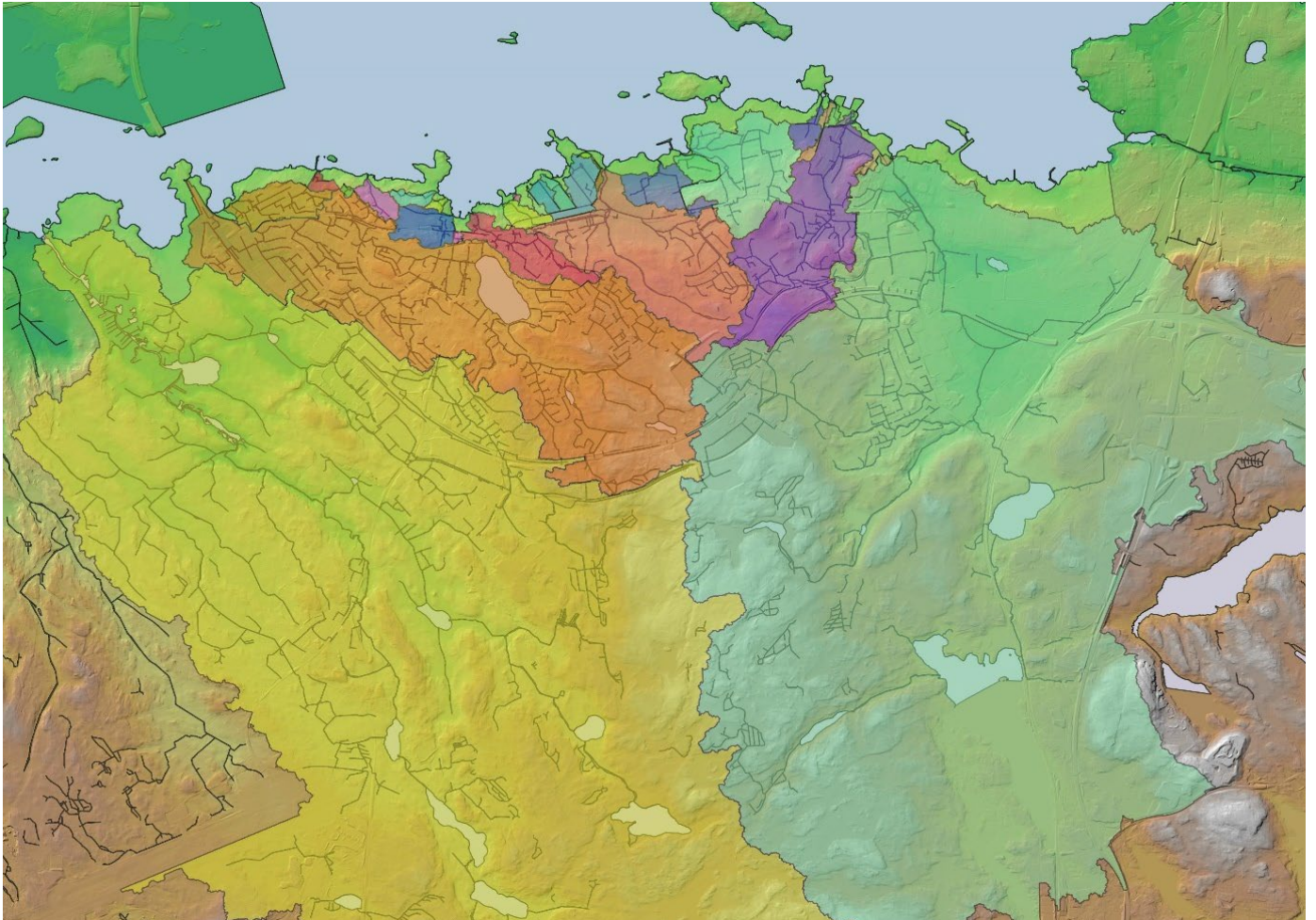
**Hulevesiverkoston on oltava jatkuva ja geometrialtaan viiva.** Epäjatkuvuuskohtat tuottavat virheitä valuma-alueiden laskuissa, mutta eivät estä WSSP:n toteuttamista. Hulevesiviemäriverkosto ei vaadi ominaisuustietoa, sillä nykyisellään WSSP hyödyntää pelkästään ”uomien” sijaintitietoa.



*Kuva 11. Vasemmalla hulevesiverkoston mukana on tarpeetonta dataa, (ruskeat ja mustat viivat), joka tekee työstä raskaampaa. Pääuoma on epäjatkuvien sinisten viivojen edustama. Oikealla ei ole ylimääräisiä tasoja ja data on yhtenäisempää.*



# WSSP valuma-aluemoduuli



Kuva 12. Kuvituskuva. Erään pilottialueen päävesistöön päätyvät osavaluma-alueet.

## Tiivistelmä

Moduulin avulla pystytään määrittämään kaupunkivaluma-alueet, huomioiden hulevesiviemäriverkon osien peitteisyyden. On suositeltavaa luoda erillinen työtila WSSP valuma-aluemoduulia varten. Tämän moduulin tavoitteena on:

- Luoda valuma- ja osavaluma-alueet osavaluma-alueet
- Luoda ”yhdistetty korkeusmalli”
- Luoda ”polttotasoa”
- Luoda ”poltettu korkeusmalli”

Moduulissa tarvittavat lähtöaineistot:

- Korkeusmalli 2 m
- Maastotietokannan mukaiset vaka- ja virtavedet
- Kunnallinen hulevesiverkosto

Valuma-alueiden määrittämiseksi kaupunkiympäristössä WSSP hyödyntää MML Korkeusmalli 2 m - aineistoa. Jotta hulevesiviemäristö saadaan edustetuksi korkeusmallissa, käytetään WSSP:sa menetelmänä polttamista. Tällä tarkoitetaan sitä, että korkeusmallin hilojen arvoja lasketaan ennalta määritetyistä paikosta. WSSP:sa koko vesiverkostoa lasketaan samanarvoisesti niin kutsutun *polttotason* avulla.

WSSP:hen valittu valuma-alue työkalu *r.watershed* ei vaadi korkeusmallin täyttämistä. *R.watershed* ohittaa korkeusmallin nielut, niin kutsutun *least-cost*-algoritmin avulla. Ohjeissa ei esitetä, kuinka korkeusmalli täytetään. Mikäli *r.watershed* korvataan jollakin toisella valuma-alue työkalulla, on korkeusmallin nielujen täyttö tehtävä ennen valuma-alueiden muodostamista. Täyttämässä voidaan käyttää GRASS GIS: *r.fill.dir* tai SAGA GIS: *Fill sinks*, *Fill sinks (wang & liu)*, *Fill sinks xxl (wang & liu)* - työkaluja.

### Esivalmistelut ja korkeusmallin luominen

On tiedettävä karkeasti, kuinka suurelle alueelle tarkasteltava valuma-alue ylettyy, jotta valuma-alueen määrittelyyn tarvittava osa hulevesiverkostoaineistoa voidaan hankkia. Lisäksi aineistontarjoajalta tulee pyytää myös metatiedot. Metatiedon puuttuessa, vähin mitä tarvitaan on aineiston koordinaattijärjestelmä. Mikäli koordinaattijärjestelmää ei tunneta, aineistoa ei saada sijoitettua oikein.

1. Luodaan työtila. Tallennetaan työtilan tunnistettavalla nimellä.

**Mikäli tarkasteltavan alueen hulevesiverkosto on kokonaan hyödynnettävissä, eikä erillisiä aineistopyyntöjä tarvitse tehdä, voidaan ohittaa kohdat 1a–1 c ja siirtyä suoraan kohtaan 2.**

1.a Tarkasteltavalta alueelta rajataan valuma-alue selainpohjaisella työkalulla. Karkean alustavan rajauksen voi tehdä selaimessa SYKEN [Value valuma-alue-työkalua](#) hyödyntäen.

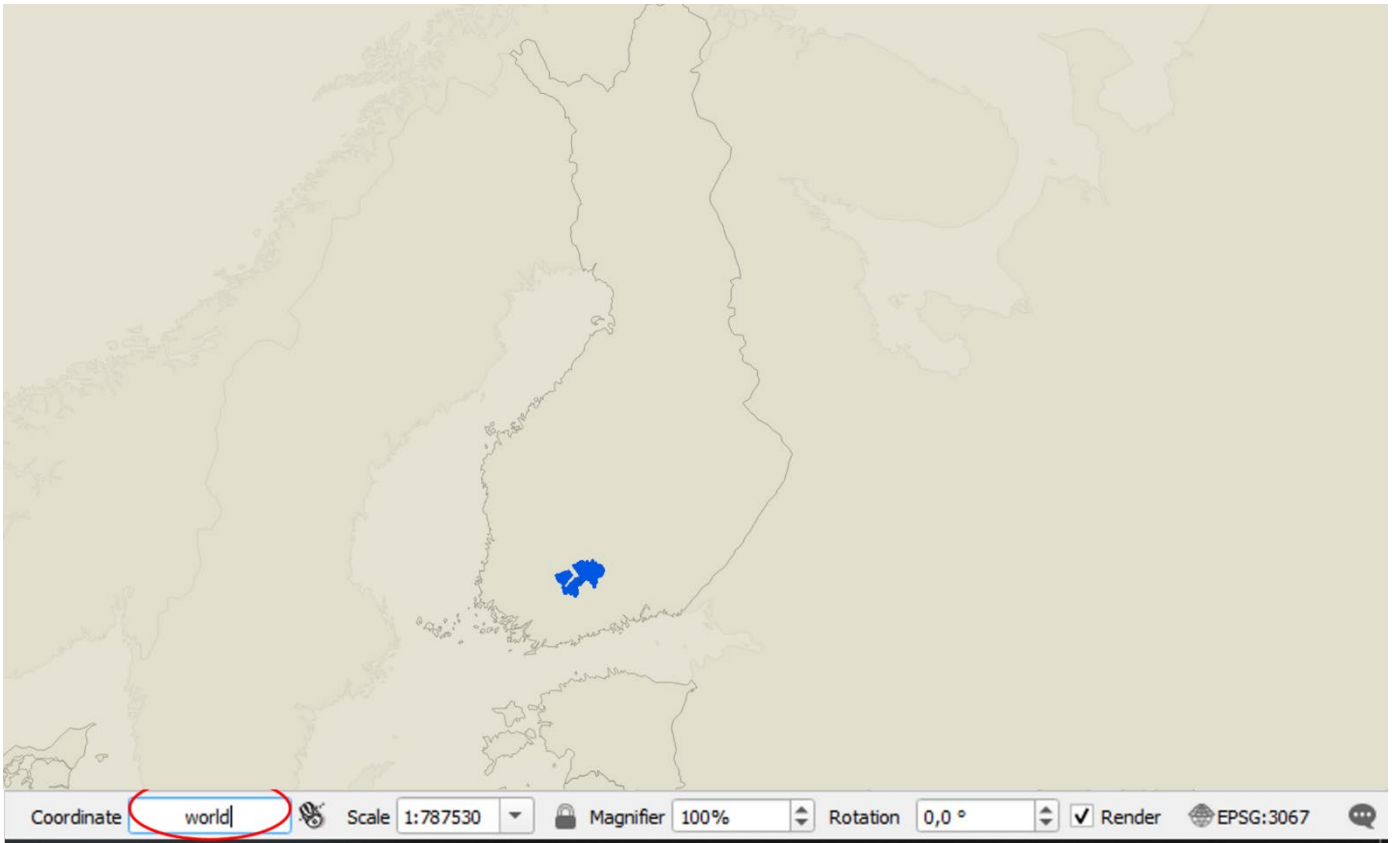
1.b Tarkasteltavalta alueelta rajataan valuma-alue selainpohjaisella työkalulla. Karkean alustavan rajauksen voi tehdä selaimessa [metsäkeskuksen valuma-alue työkalua](#) hyödyntäen.

1.c Määritetään valuma-alue käsin.

2. Ladataan lähtöaineisto valuma-alueen määrittämiseen. Määrittämisessä lähtöaineistona toimii Maanmittauslaitoksen *Korkeusmalli 2 m*. [Aineisto ladataan GeoTIFF-kuvina](#).

Kuvia tulisi ladata riittävän kattavasti. Erityisen tärkeää on, ettei tarkasteltava valuma-alue ole liian lähellä kuvan reunaa, koska reunan lähellä syntyy eniten valuma-alueiden vääristymiä.

3. Puretaan ladatut tiedostot ja tiputetaan aineisto työtilaan. Tarkistetaan sijainti *world*-komennolla. Komento kirjoitetaan työtilassa alareunan koordinaattiriville ja painetaan syöttönäppäintä. *Coordinate -> World*



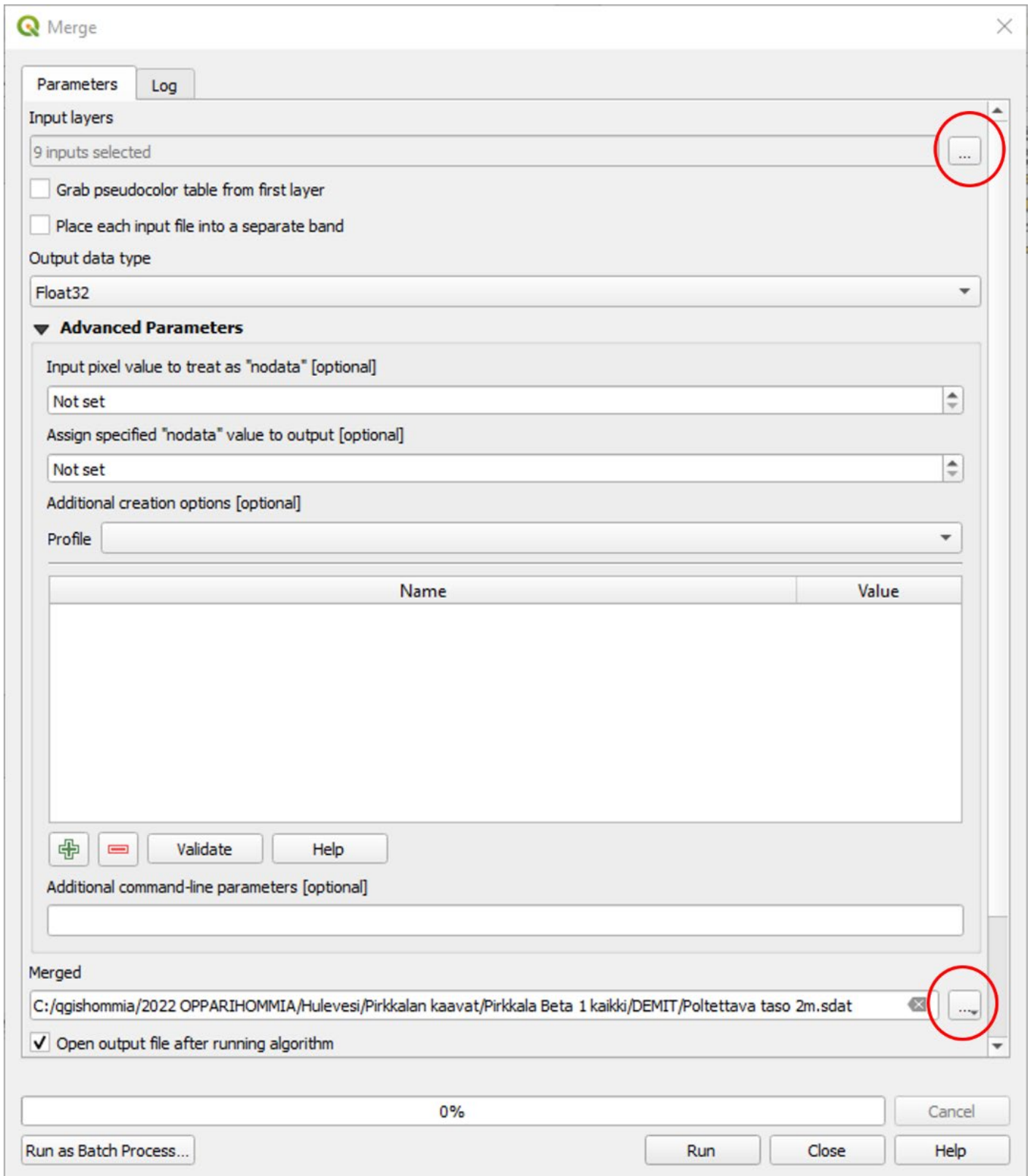
Kuva 13. Sijainnin tarkistaminen World -komennolla.

4. Yhdistetään ladatut geoTIFF-kuvat. *Processing*-> *Processing toolbox* -> *GDAL*->*Raster Miscellaneous*-> *Merge*

5. Valitaan yhdistämisen parametrit:

- *Input layers* -> Valitaan kaikki yhdistettävät rasterit.
- Tallennetaan ja nimetään "*yhdistetty\_korkeusmalli*".

-> *Run*.



Kuva 14. Rasteritasojen yhdistämisen parametrir.

6. Poistetaan tai piilotetaan yksittäiset ladatut geoTIFF-kuvat. Avataan tason välilehti ja toistetaan kaikille prosessi yhdistämättömille kuville. -> *Delete layer*.

## QGIS- tukeman vektoritiedoston tuominen

Mikäli hulevesiverkosto on QGIS:n tukema vektoritiedosto toimitaan tämän otsikon alaisilla ohjeilla. **Mikäli aineisto on tekninen piirustus, tämä kohta ohitetaan.**

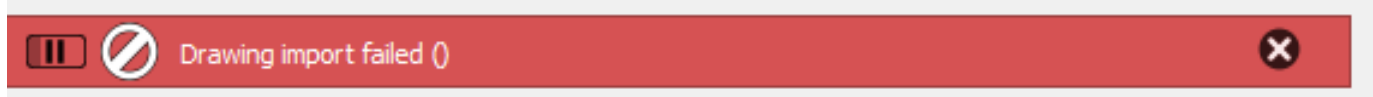
1. Haetaan hulevesiverkoston vektoriaineisto. Valitaan vektoritiedosto ja tiputetaan se työtilaan.
2. Tarkistetaan sijainti. *World*.

## Teknisen piirustuksen tuominen .DWG ja .DFX

Mikäli hulevesiverkosto on tekninen piirustus, toimitaan tämän alaotsikon ohjeiden mukaisesti. **Mikäli hulevesiverkosto on valmiiksi QGIS:n tukema vektoritiedosto tämä kohta ohitetaan.** Tekninen piirustus pitää tuoda ja muuntaa QGIS:sa luettavaksi tiedostomuodoksi. Hulevesiverkosto tarvitaan *polttotasoa* varten.

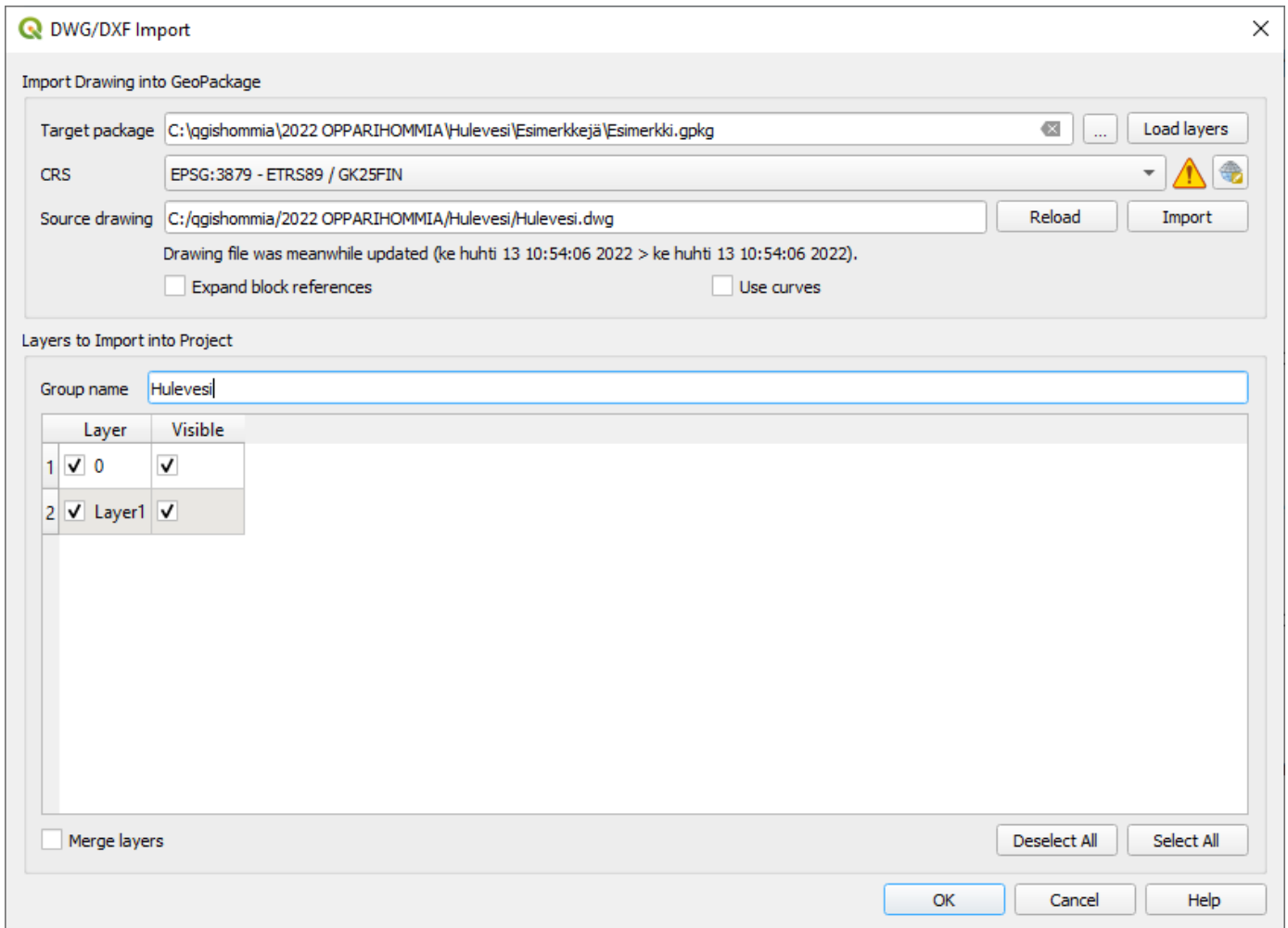
1. Tuodaan tekninen piirustus työtilaan. *Project -> Import/Export -> Import layers from DWG/DFX*.
2. Valitaan teknisen piirroksen parametrit.
  - *Target package* -> Tallennetaan ja nimetään tunnistettavalla tavalla. Suositeltu tiedostomuoto on *geopackage*.
  - *Select CRS* -> Valitaan teknisessä piirroksessa käytetty koordinaattijärjestelmä. Tieto selviää piirroksen mukana saaduista metatiedoista tai vastaavasta tietolähteestä, kuten kaavan piirtäjältä kysymällä. **(Tyypillisesti käytetään kunnallista EUREF-FIN koordinaattijärjestelmää).**
  - *Source Drawing* -> Alkuperäinen tekninen piirustus.

Saadessasi viestin *Drawing import failed ()* aineisto ei ole yhteensopivaa QGIS:n kanssa. Aineistoa on muokattava muussa ohjelmistossa luettavaksi.



Kuva 15. Virheviesti teknisen piirustuksen tuomisessa.

QGIS aloittaa välittömästi tuomaan aineistoa. Riippuen aineiston laajuudesta, sen tuomisessa voi kestää.



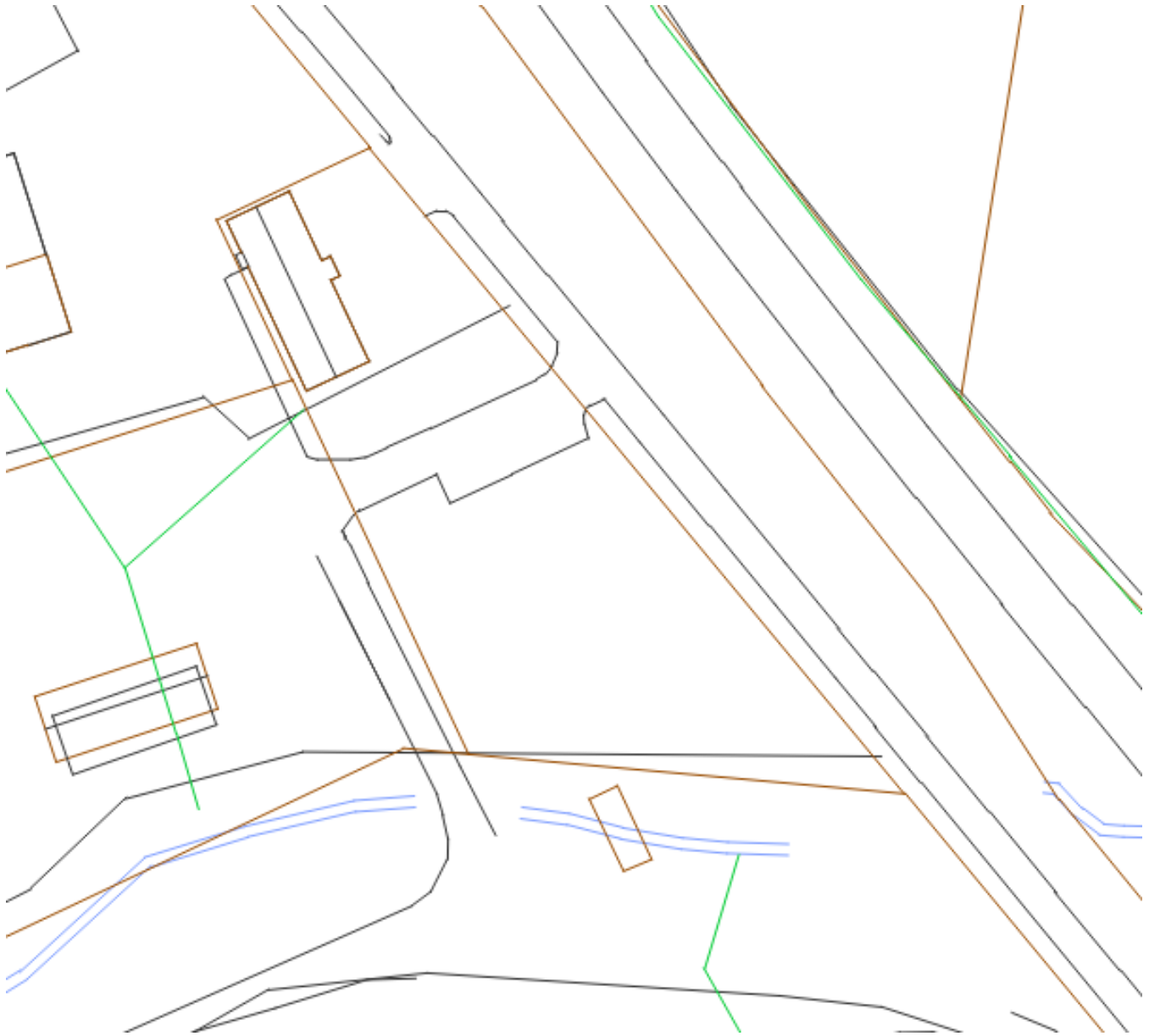
Kuva 16. Teknisen piirroksen tuomisasiasetukset

4. Nimetään ryhmä. -> *Group name*. -> *Ok*.

5. Tarkistetaan sijainti vertaamalla aineistoa ”*yhdistetty\_korkeusmalli*” tasoon.

6. Tarkistetaan aineisto. Tarpeellisia kohteita ovat viivamuotoiset putket, rummut ja avo-ojat. Viivamuotoiset vakavedet, kuten järvet, altaat meri ja lammet eivät ole välttämättömiä ja ne voidaan poistaa harkinnanvaraisesti. Pistekohteet, kuten kaivot eivät ole tarpeellisia.

**Mikäli tuodussa tiedostossa on saman tason sisällä ylimääräisiä kohteita, kuten tieviivoja, rakenteita tai tontin rajoja, tulee ne poistaa. Voidaan tehdä aineiston tarjoajalle uusi aineistopyyntö, tai toimia kohdan 7. mukaisesti.**



Kuva 17. Vain vihreät (hulevesiputket) ja siniset (avo-ojat) ovat tarvittavaa tietoa. Muut tiedot on poistettava tai piilotettava.

**7. Tämä kohta ohitetaan, mikäli ylimääräistä tietoa ei ole hulevesiverkostossa.** Avataan tason attribuuttitaulukko. Attribuuttitaulukon ominaisuustietojen avulla maalataan ne kohteet, jotka halutaan erottaa omaksi tasokseen. Avataan tason välilehti. *Attribute table* -> Valitaan kohteet -> Avataan tason välilehti -> *Export selected* -> *Save as*. Tallennetaan tunnistettavalla tavalla -> OK.

7b. Tarkistetaan tulos.

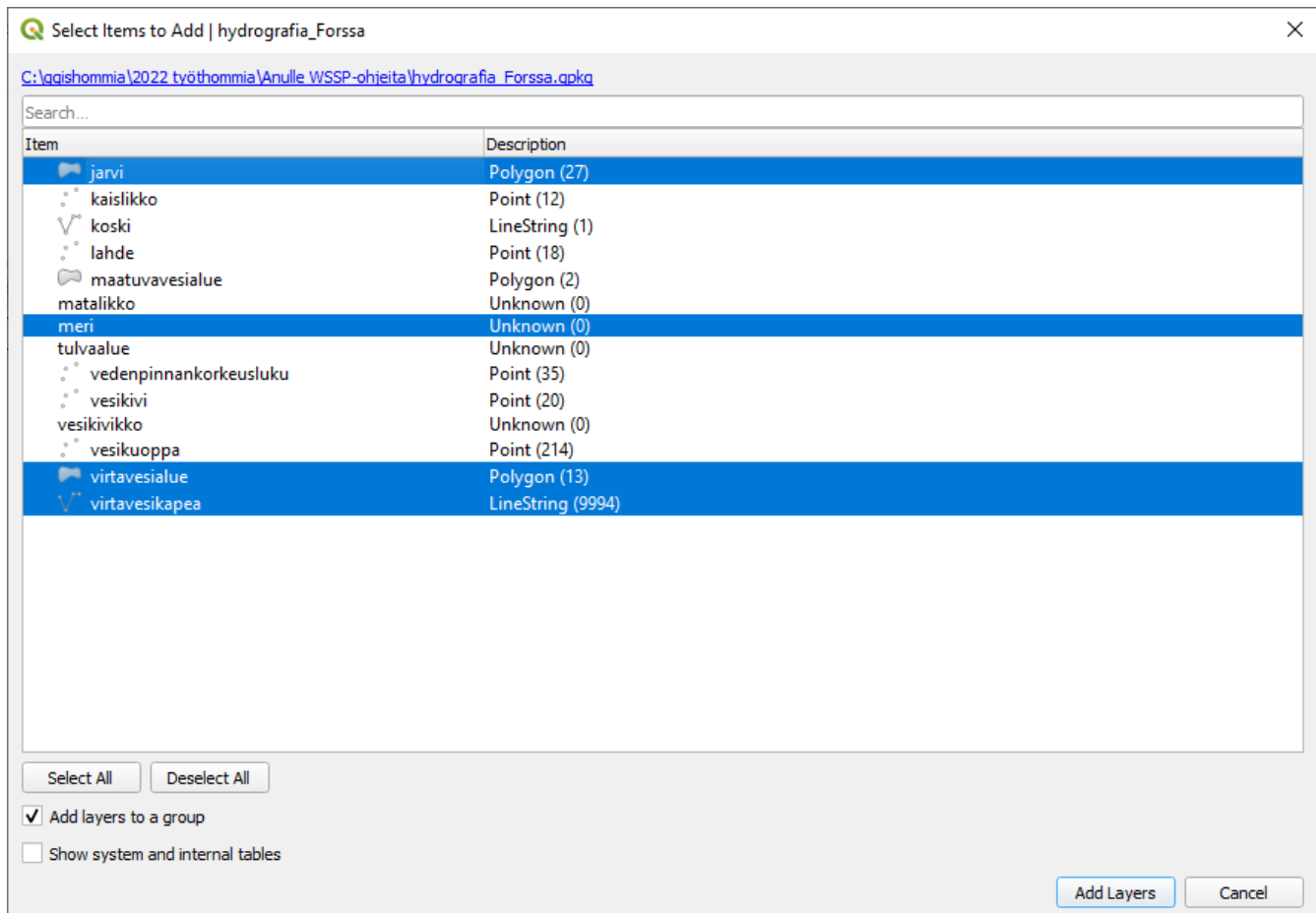
## Polttotason täydentävät aineistot

*Polttotaso* koostuu kunnallisesta hulevesiverkostosta ja kansallisista maastotietokannan kohteista. Tarvittavat kansalliset *Polttotason* osat haetaan [MML-karttapalvelusta](#).

1. Ladataan tarvittavat maastotietokannan kohteet. Tiedostopalvelu -> Lataa avoimia aineistoja -> Maastotietokanta -> Kunta -> Hydrografia/Rakennukset (altaat löytyvät rakennusten alta).

- Kunnista tulee olla valittuna ne kunnat, joiden alueille valuma-alue, tai tutkittava alue ylettyy.
- Teemoista valittuna tulee olla hydrografia ja rakennukset.

2. Tiputetaan tiedostot työtilaan ja valitaan tarpeelliset tiedot. -> *Add layers*.



Kuva 18. Hydrografian mukana tulee tarpeettomia kohteita, joita ei tarvitse tuoda.

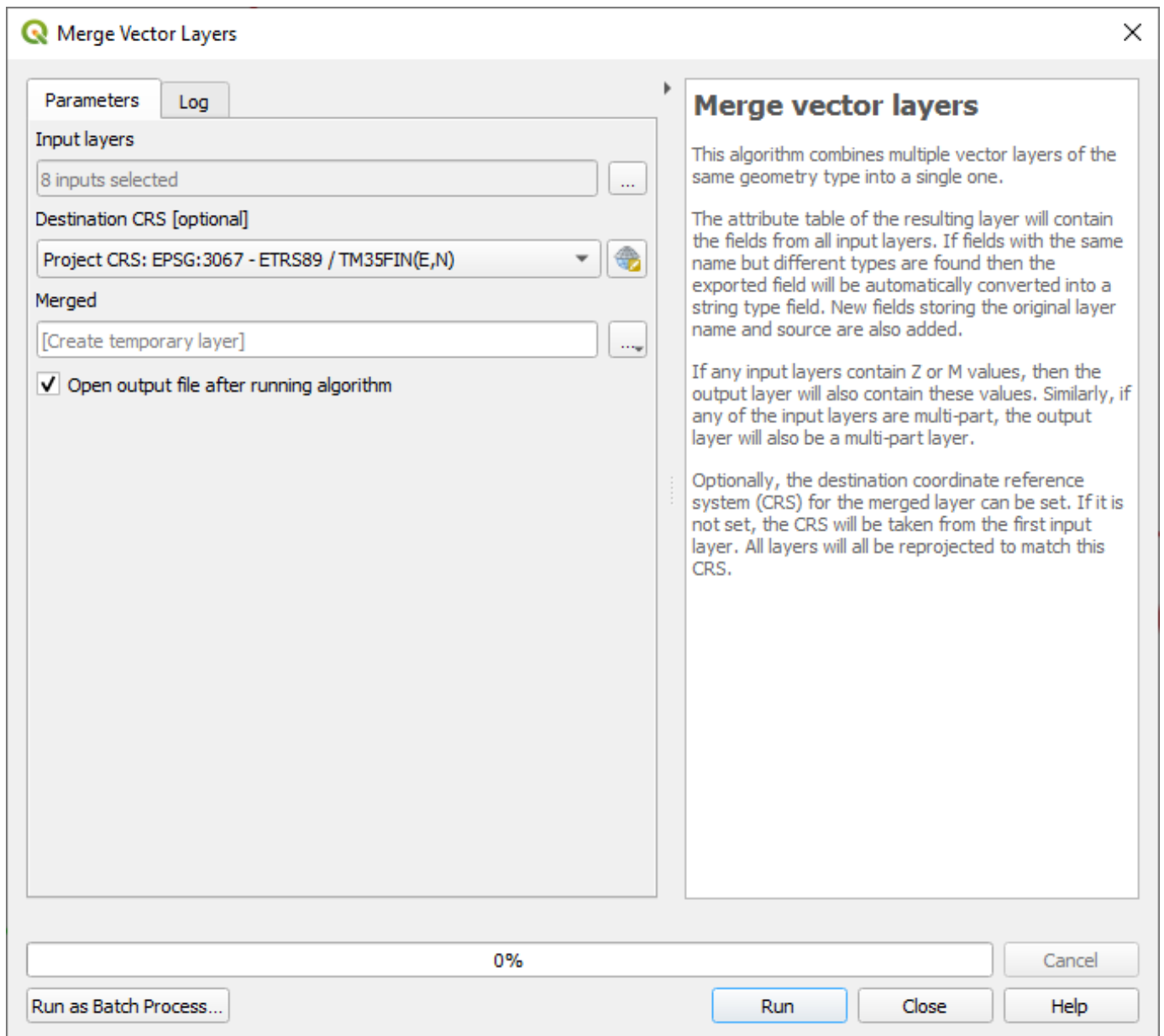
3. Tarkistetaan maastotietokannan kohteet. Mikäli kohteilla ei ole sisältöä, ne voidaan poistaa (sisämaassa esimerkiksi meri).

## Polttotason geometrian muuntaminen

Työtilassa pitäisin olla nyt hulevesiverkko ja maastotietokannan kohteet *polttotason* muodostamista varten. *Polttotason* geometria on muunnettava WSSP:sa valitun työkalun takia. Tämä toteutetaan puskuroimalla kaikkia viivamuotoisia kohteita samanarvoisesti, jotta niistä tulee monikulmioita.

1. Yhdistetään maastotietokannan ja hulevesiverkoston viivamuotoiset aineistot. *Processing*-> *Processing toolbox* -> *Vector General* -> *Merge vector layers*





## 2. Valitaan parametrit.

- *Input layers* -> Valitaan kaikki geometrialtaan viivamaiset kohteet, eli hulevesiverkko ja maastotietokannan kapeat virtavedet.
- *Destination CRS [optional]* -> muunnetaan kaikki kohteet kansalliseen koordinaattijärjestelmään. EPSG:3067, ETRS-TM35FIN.
- Tallennetaan väliaikaisena.

-> *Run*.

## 3. Muunnetaan yhdistetty viivamuotoinen taso puskuroimalla monikulmioksi. *Processing*-> *Processing toolbox* -> *Vector geometry* -> *Buffer*

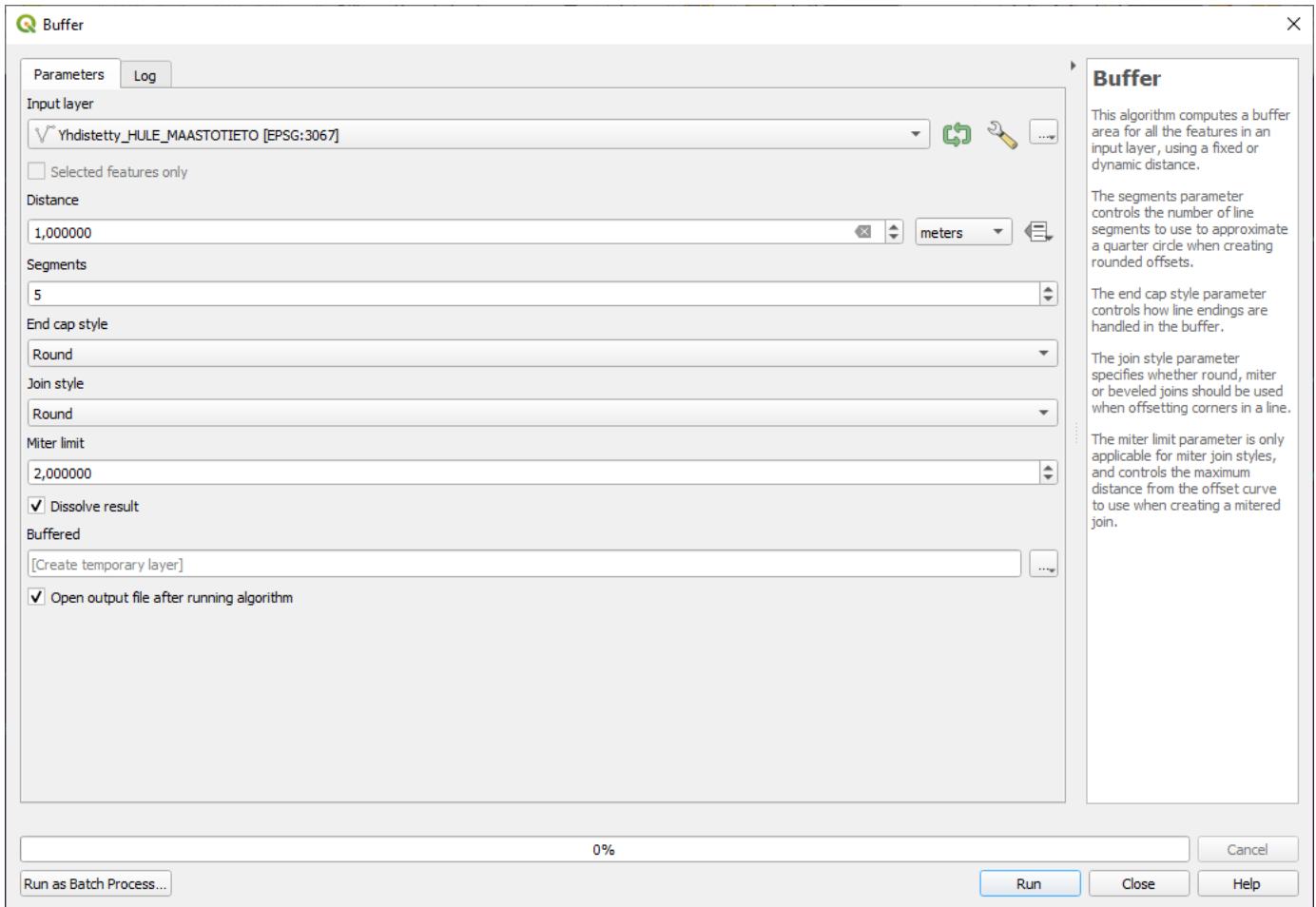
## 4. Valitaan puskuroinnin parametrit:

- *Input layer* -> Äskettäin luotu sulatettu viivataso eli "merged".
- *Distance* -> Puskurointietäisyys. Arvoksi asetetaan 1 metri.
- *Dissolve result* ->

- Tallennetaan väliaikaisena.

-> *Run*.

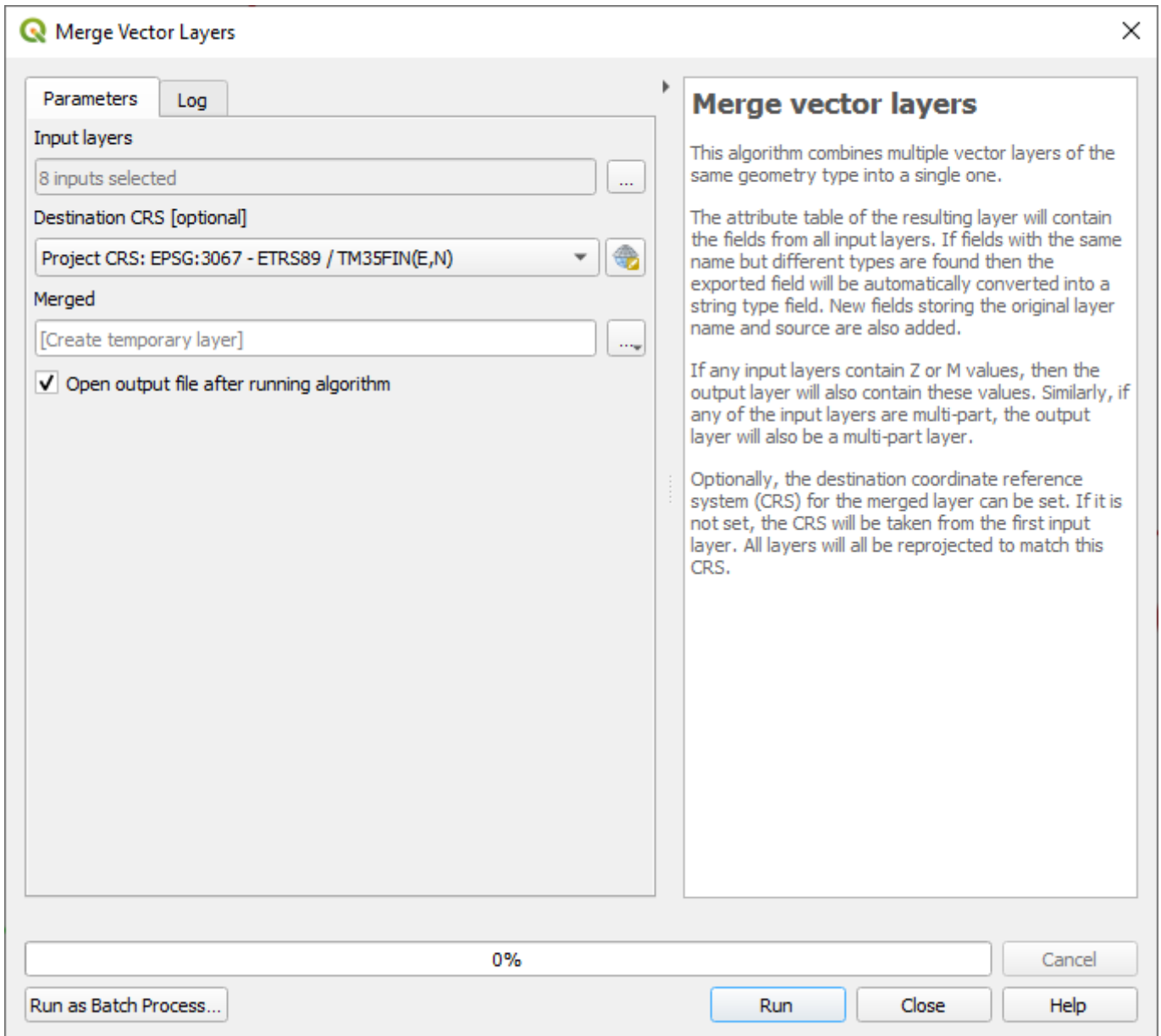
5. Nimetään *merged* uudelleen. Avataan tason välilehti -> *rename layer* -> "*merged1*".



## Polttotason yhdistäminen

Puskuroituitu uomatieto *Buffered* on yhdistettävä monikulmiomuotoisiin maastotietokannan vaka- ja virtavesiin.

1. Yhdistetään puskuroitu taso *Buffered* ja maastotietokannan monikulmiot yhteiseksi polttotasoksi.  
*Processing*-> *Processing toolbox* -> *Vector General* -> *Merge vector layers*



Kuva 19. Vektoritasojen yhdistäminen.

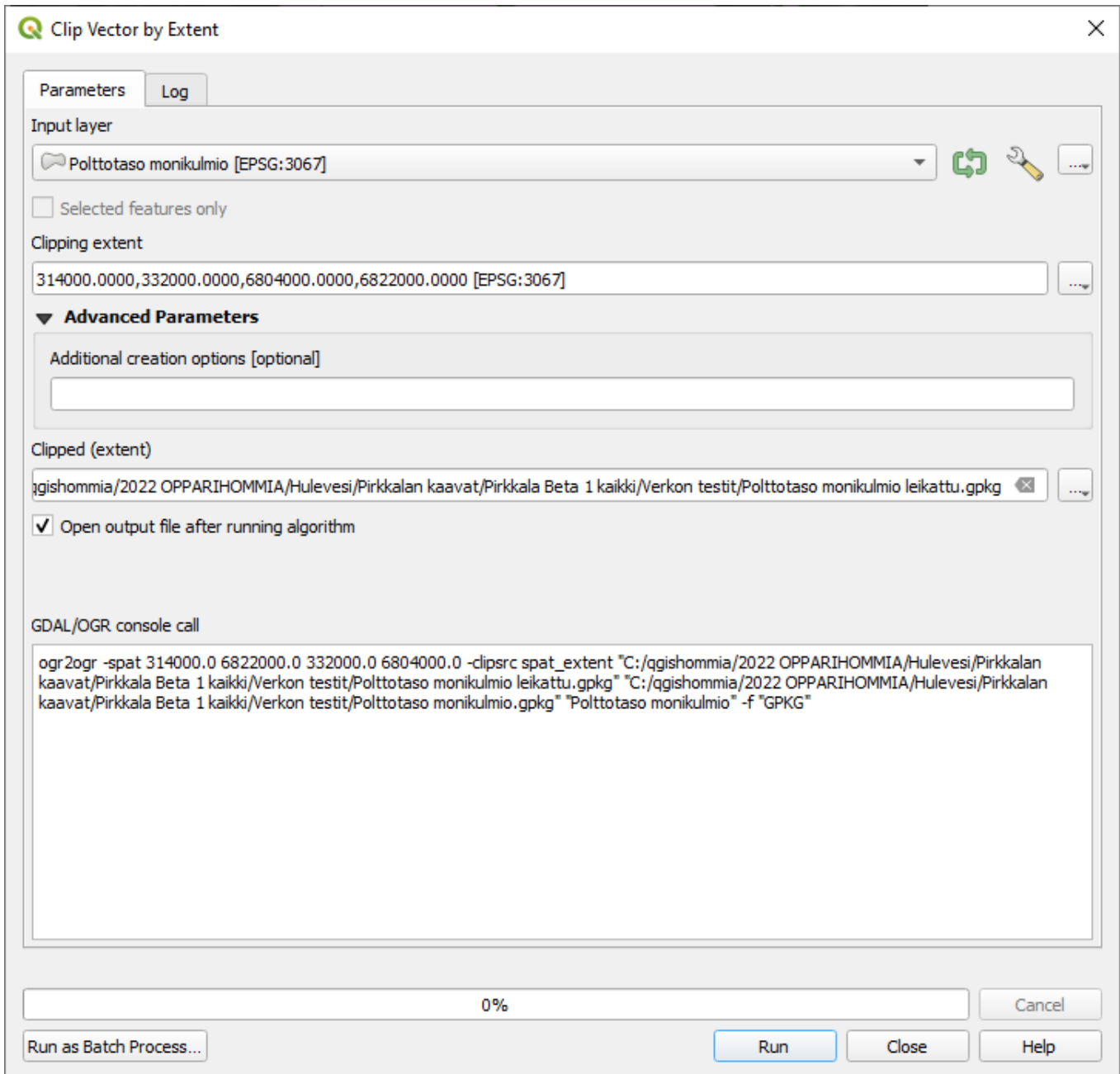
## 2. Valitaan yhdistämisen parametrit:

- *Input layers* -> Valitaan puskuroidut viivatasot *Buffered*. Lisäksi kaikki maastotietokannan geometrialtaan monikulmiomuotoiset aineistot kuten altaat, järvet, meret ja virtavesialueet.
- Tallennetaan väliaikaisena.

-> *Run*.

## Polttotason leikkaaminen

1. Leikataan *merged* tasosta valuma-alueen ulkopuolelle jäävät osat. *Processing*-> *Processing toolbox* -> *GDAL*-> *Vector geoprocessing* -> *Clip vector by extent*

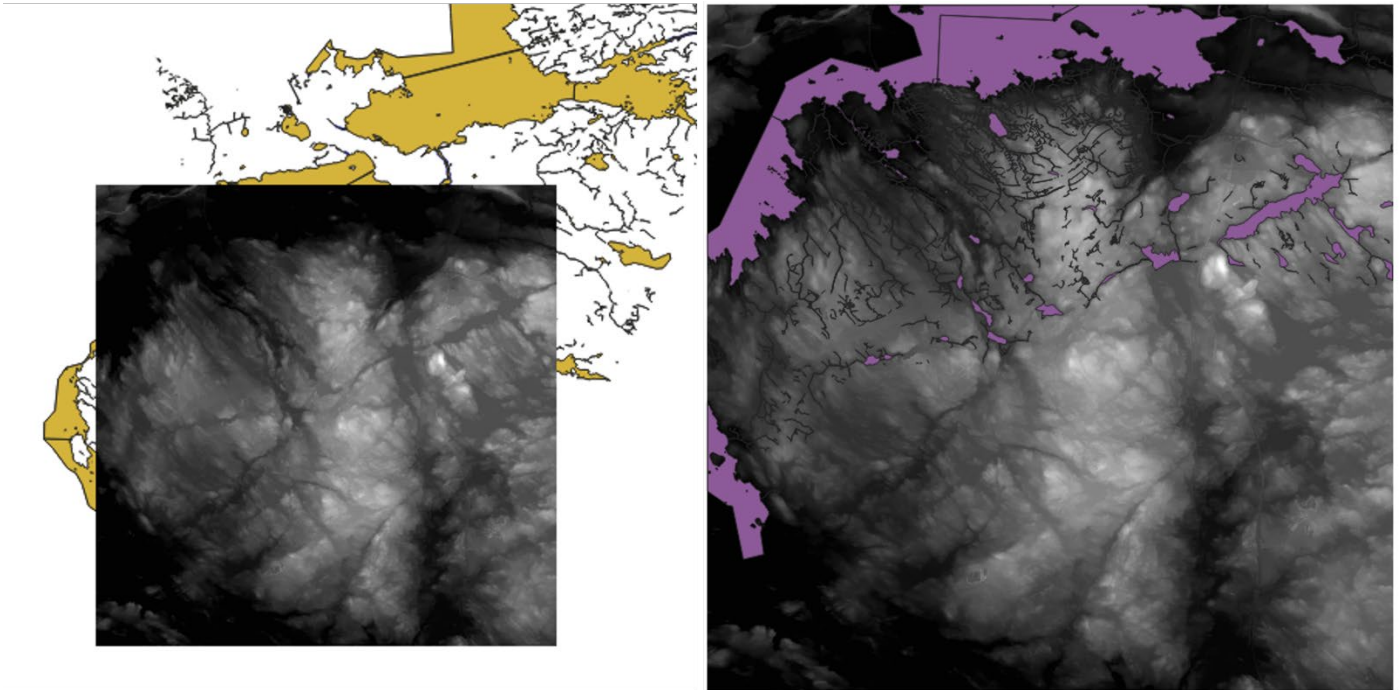


Kuva 20. Vektorin leikkaaminen rasterista määritetyillä rajoilla.

## 2. Valitaan leikkauksen parametrit:

- *Input layer* -> *merged*
- *Clipping extent* -> *Calculate from Layer* -> *yhdistetty\_korkeusmalli*
- Tallennetaan ja nimetään "*polttotaso*"

-> *Run*.



Kuva 21. Leikkaamisen tulos. Vasemmalla leikkaamaton vektori. Oikealla leikattu

### Korkeusmallin polttaminen

Viedään moduulin alussa luotu *yhdistetty\_korkeusmalli* uudeksi tasoksi ja nimetään se uudelleen. Tämä on tehtävä sillä työkalu muuten polttaa *yhdistetyn korkeusmallin*, jolloin sitä ei voi hyödyntää enää WSSP:n myöhemmässä vaiheessa.

1. Avataan tason välilehti ja valitaan *Export -> Save as -> Tallennetaan* ja nimetään *polttettu\_korkeusmalli*

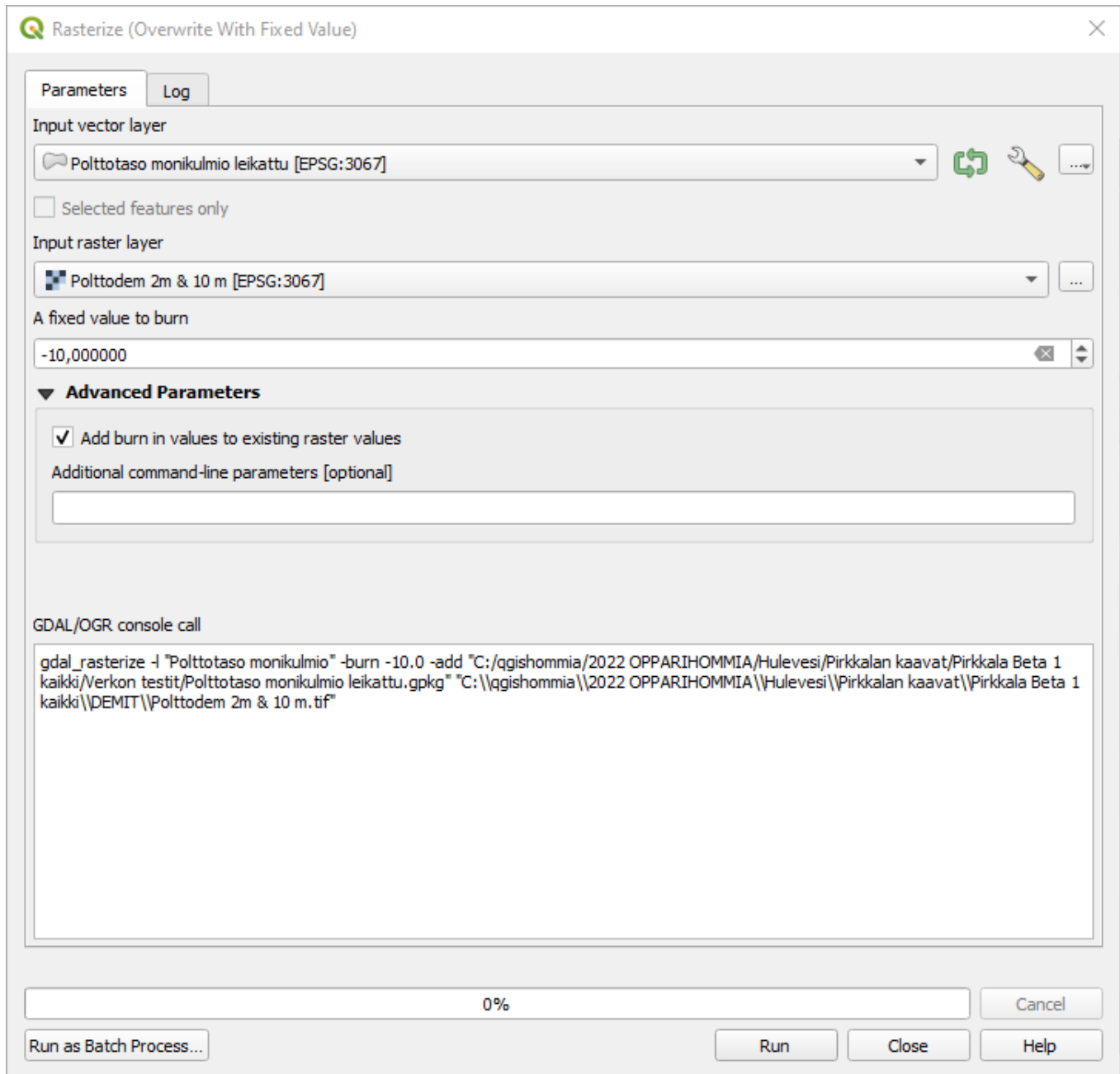
-> *Run*.

2. Haetaan polttotyökalu. *Processing -> Processing Toolbox -> GDAL -> Vector conversion -> Rasterize (Overwrite with Fixed Value)*

3. Valitaan polttamisen parametrit:

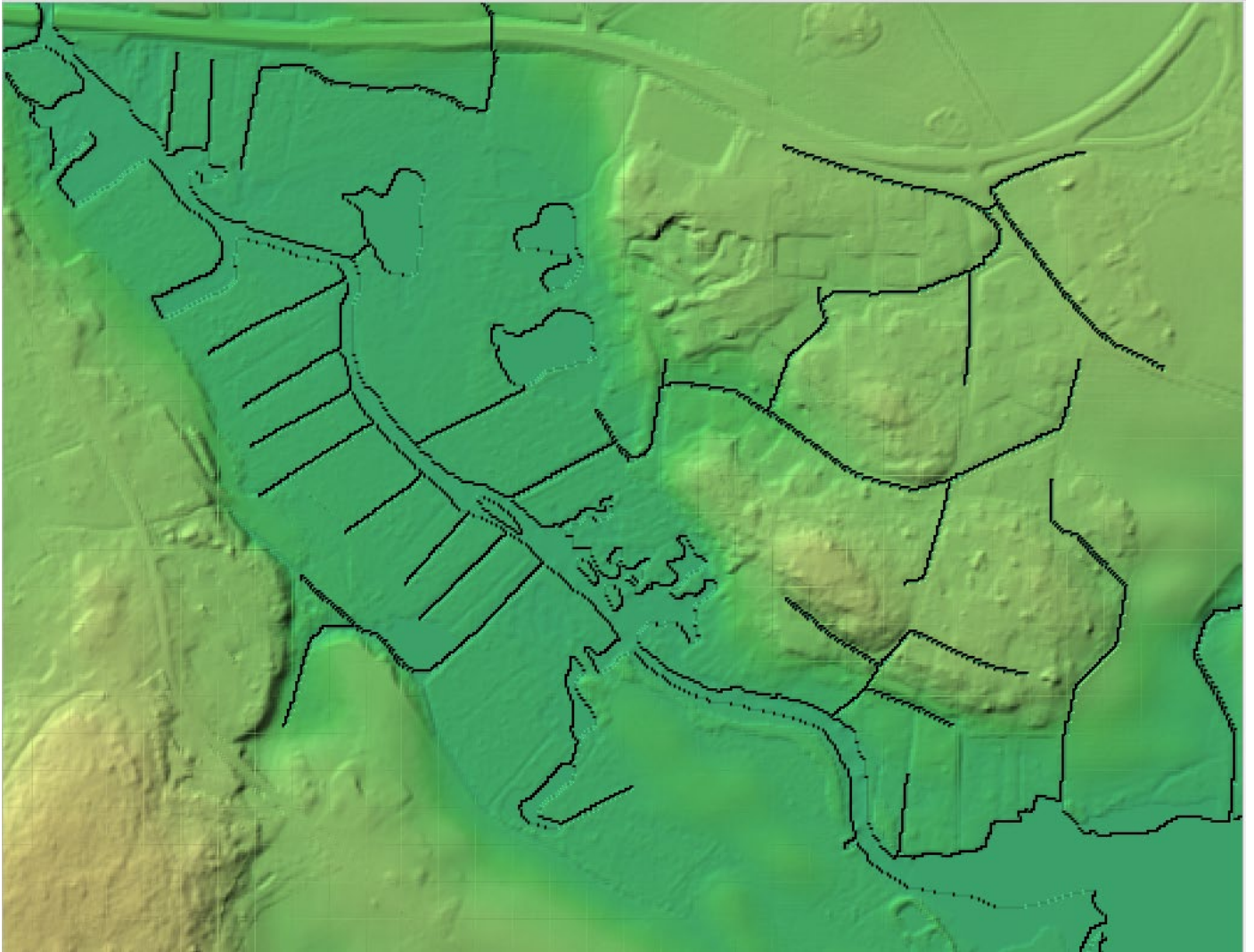
- *Input vector layer -> polttotaso.*
- *Input raster layer -> polttettu\_korkeusmalli.*
- *A fixed value to burn -> -10. Arvon on oltava negatiivinen ja työtilan yksiköt metrejä!*
- *Advanced Parameters -> Add burn in values to existing raster values ->*

-> *Run*.



Kuva 22. Polttotyökalu ja parametrit.

3. Tarkistetaan tulos. Polton tulisi näkyä nyt selkeästi poltetussa korkeusmallissa (*poltettu\_korkeusmalli*). Tulosta voi selkeyttää hyödyntämällä alempia seuraavan kohdan ohjeita.

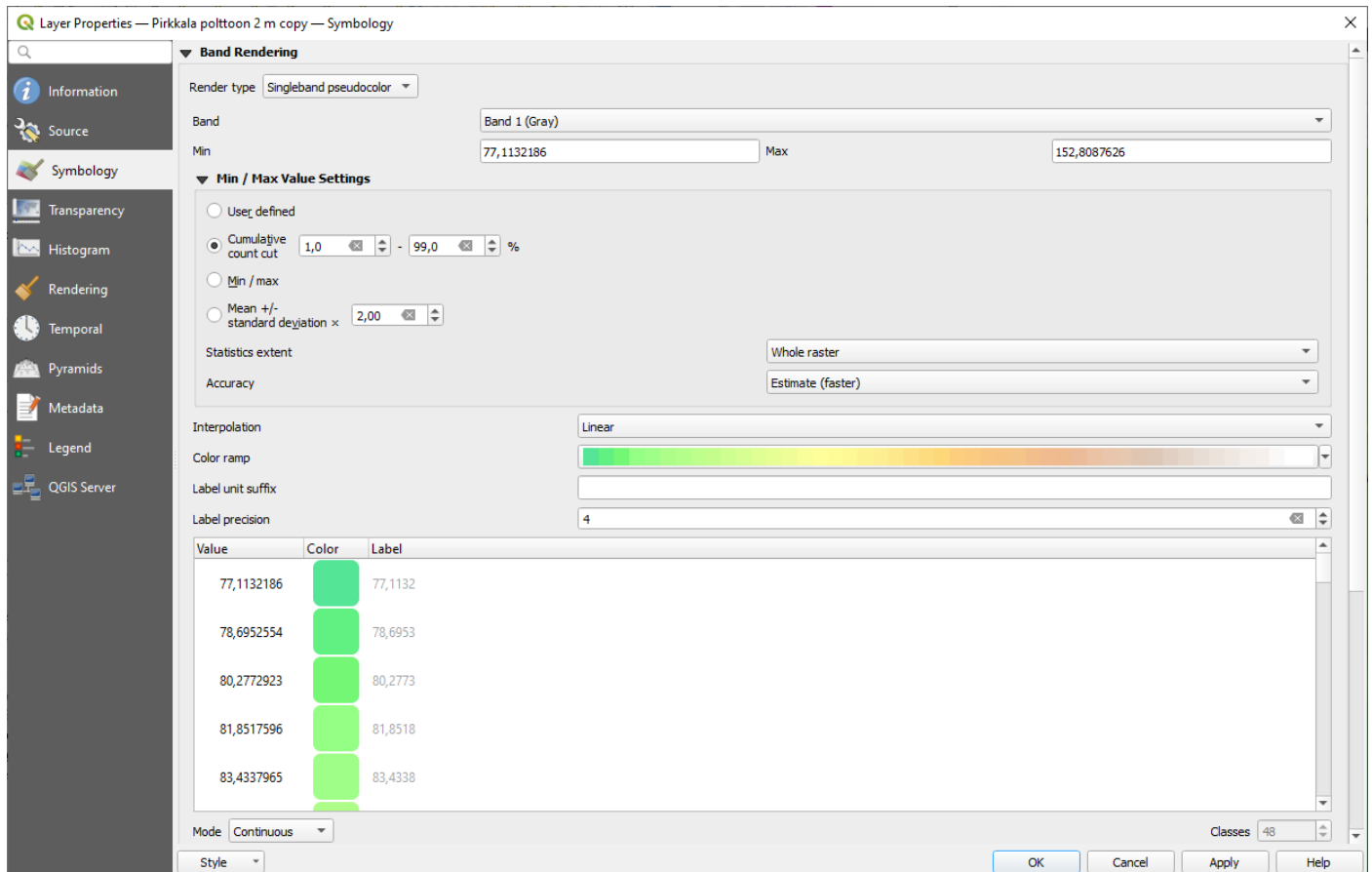


*Kuva 23. Poltettu korkeusmalli. Polttotason osoittamat uomat näkyvät selkeästi.*

## Muotoilu ja häivyttäminen

**Tämä kohta voidaan ohittaa**, mikäli poltettuja uomia tai korkeusmallia ei tarvitse taittaa, tai rasterin tarkastelu ei ole tarpeellista työtilassa.

1. Selkeytetään rasteria. *Min / Max Value Settings* -> *Cumulative count cut*. -> Valitaan arvoiksi 1 ja 99 % -> *Apply/Ok*



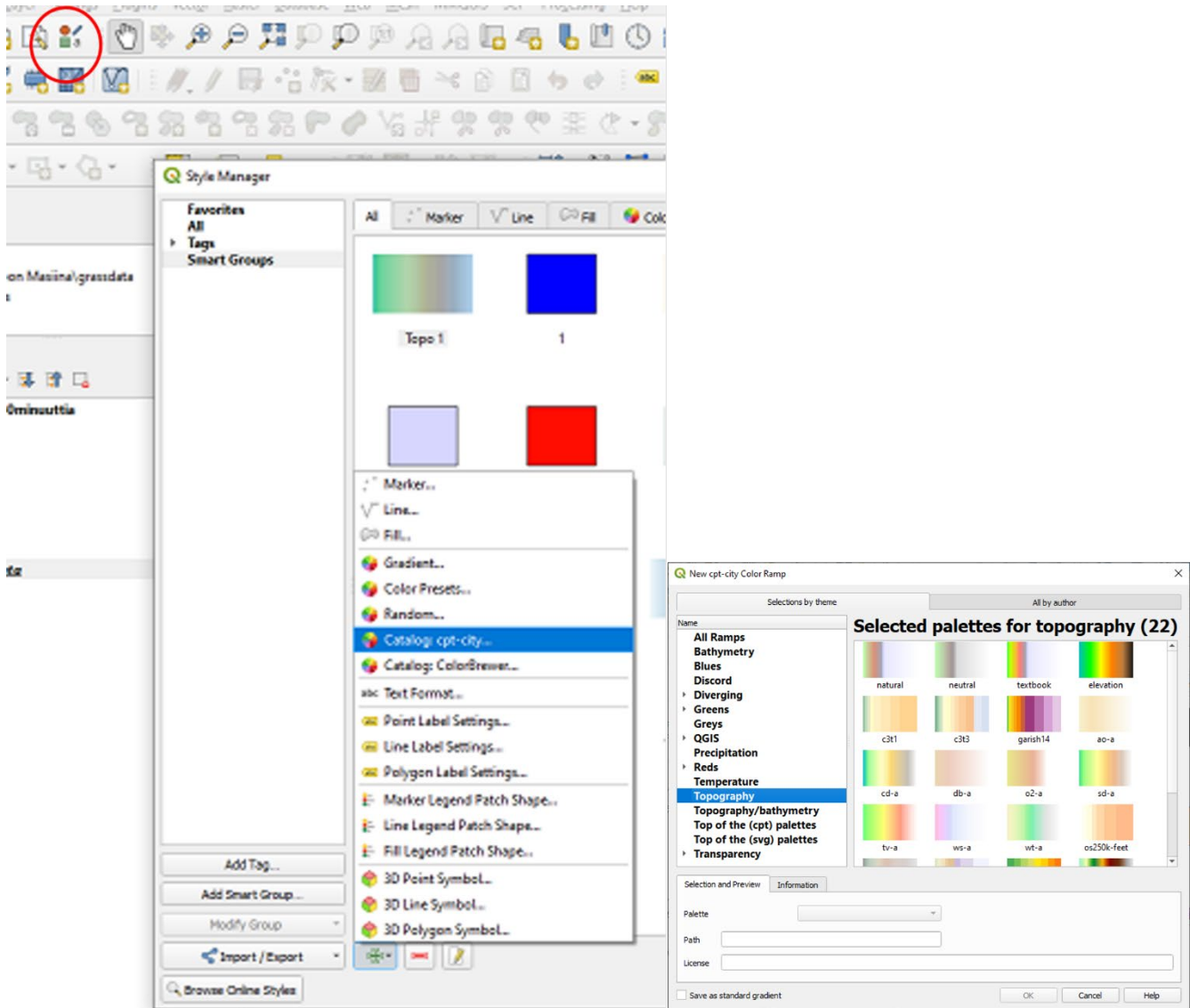
Kuva 24. Rasteritason minimi- ja maksimiarvot.

2. Monistetaan taso. Avataan *poltettu\_korkeusmalli* välilehti -> *Duplicate layer*.

3. Muokataan monistetun tason *poltettu\_korkeusmalli\_copy* tyyliä. Avataan tason välilehti. Valitaan topografiaa parhaiten edustavat värit. *Properties* -> *Symbology*-> *Singleband pseudocolor* -> *Color ramp* -> *Topography*.

Tyylejä voi hakea lisää tyylikirjastosta:

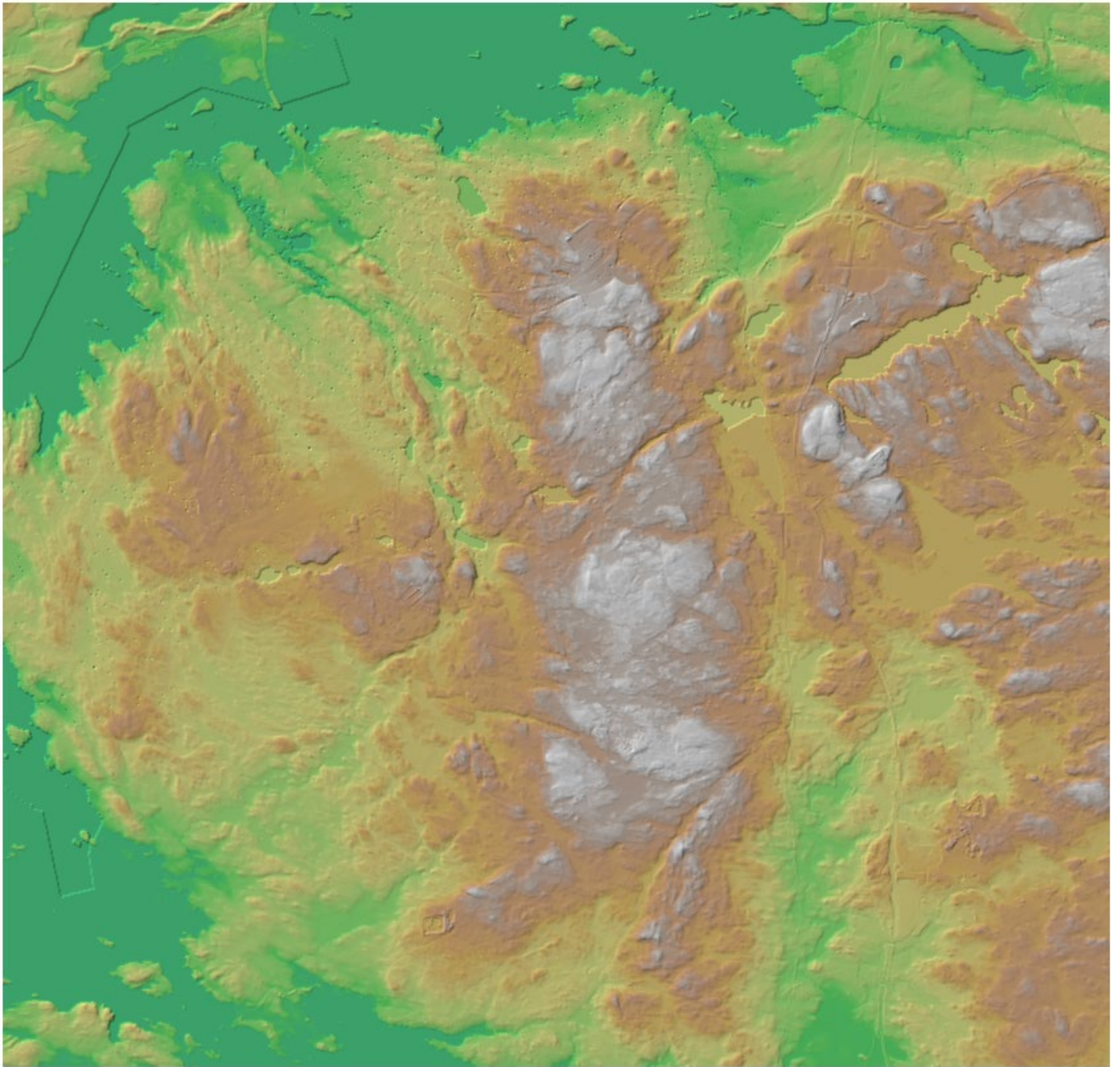




Kuva 25. Tyylikirjasto.

4. Muokataan "poltettu\_korkeusmalli" tason tyylä. Avataan tason välilehti. -> Properties -> Symbology-> Render type -> Hillshade -> Layer rendering -> Blending mode -> Multiply. -> Apply/ok.

5. Tasot tulee asettaa allekkain työtilassa (layers panel).

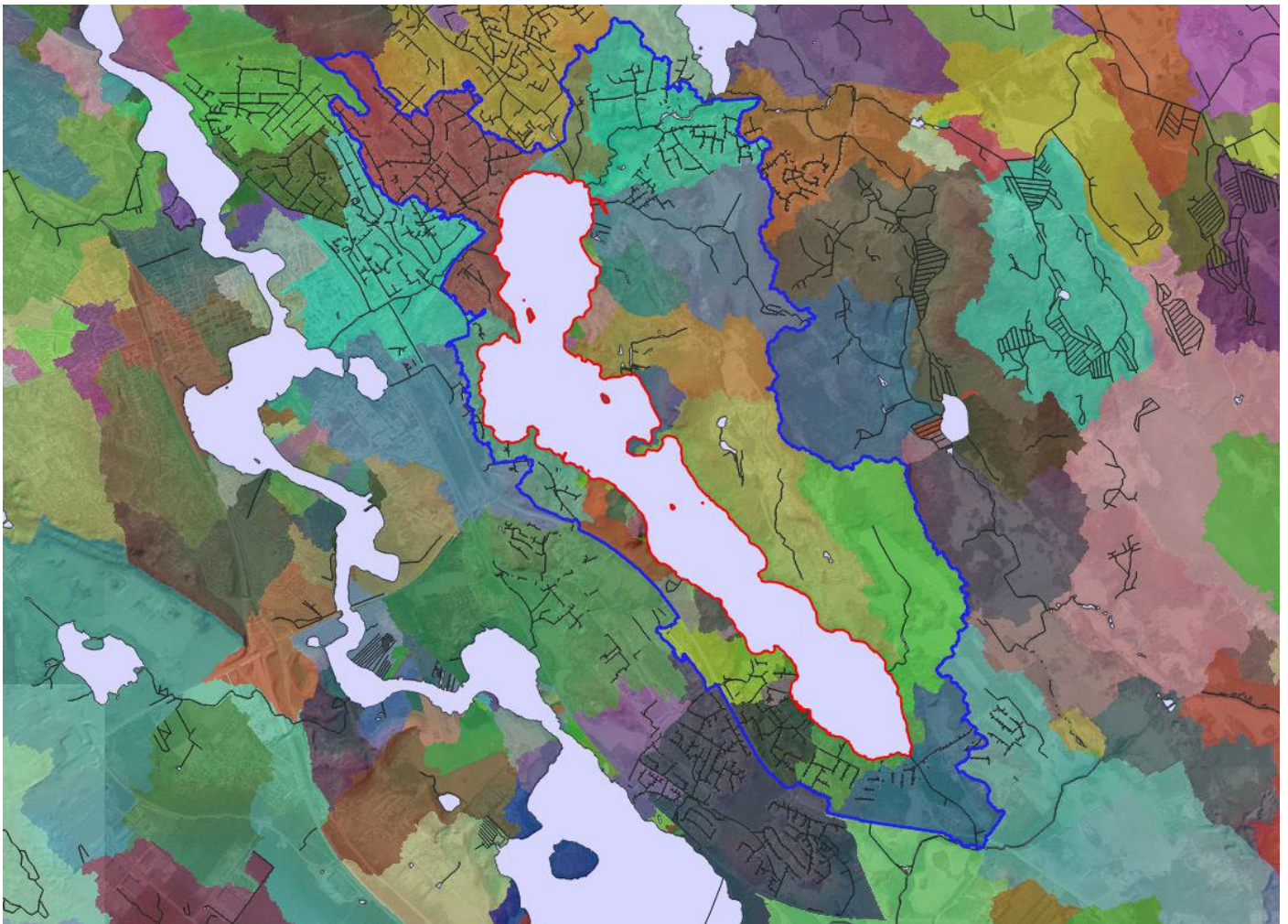


*Kuva 26. Topografinen karttatyö, jossa toinen taso luo rinnevarjostuksen.*

## Valuma-alueiden ja uomaverkon määrittäminen r.watershed:illa

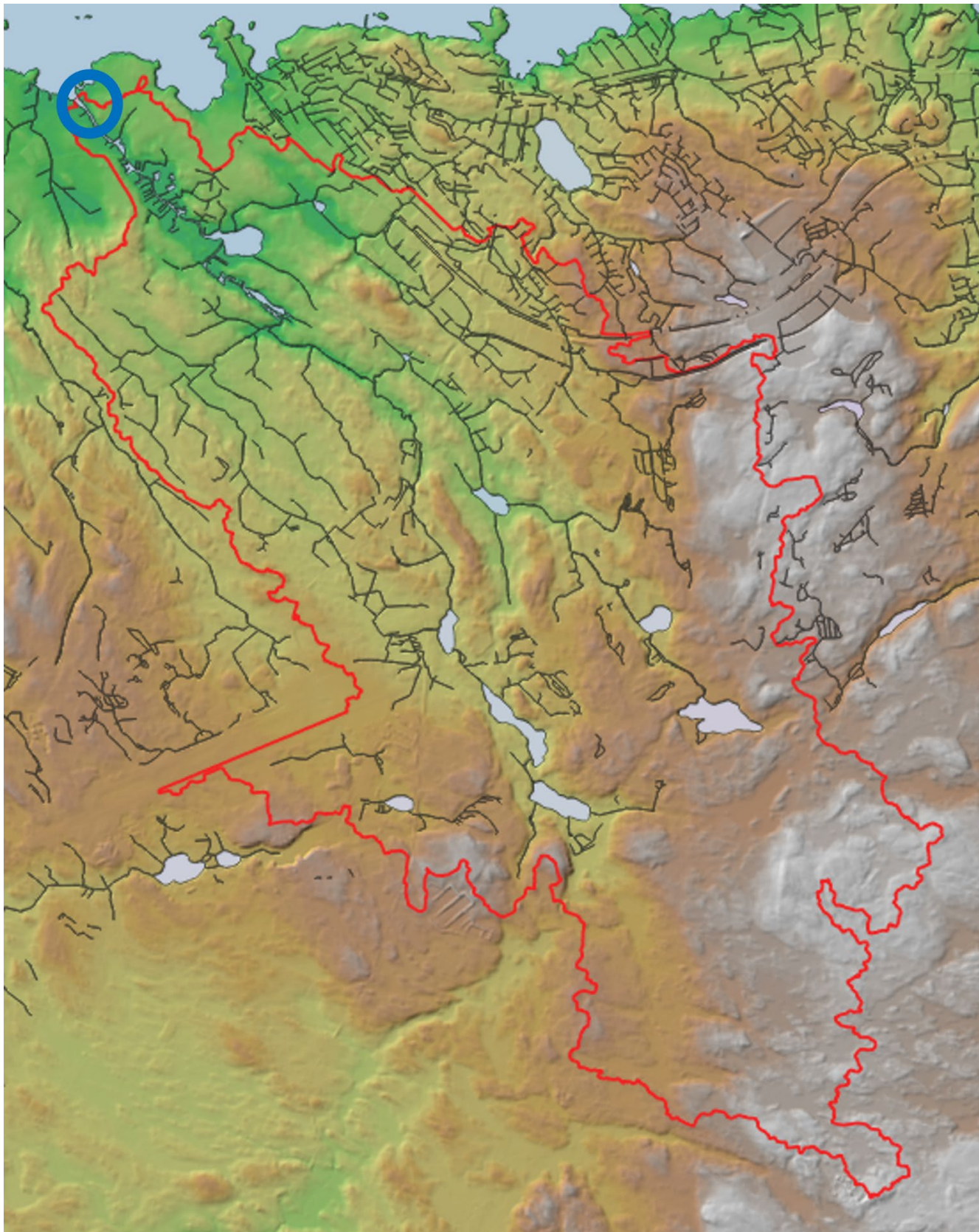
Valuma-alueiden määrittämisessä ohjeita täytyy soveltaa, riippuen minkäläistä valuma-aluetta määritetään. Valuma-alueet luodaan halutussa skaalassa, lähtöaineiston (korkeusmallin hilakoko) ja vedenjakajien ehdoilla. Valuma-alueet tallennetaan vapaana tyyppinä.

- Järven, tai muun vastaavan vakaveden valuma- tai osavaluma-alueen määrittämisessä tulee hyödyntää r.watershed tuottamaa valuma-alue- ja uomaverkkotasoja. Tällöin vakavesialueen valuma-alue koostuu *Unique label for each watershed* tasoista, joiden *Stream Segments* on hydrologisessa yhteydessä tarkasteltavaan vesistöön.



Kuva 27. Järven valuma-alue koostuu niiden uomien valuma-alueista, jotka laskevat järveen. (Kuvassa järvi rajattuna punaisella, ja järven valuma-alue sinisellä.)

- Uoman, tai muun vastaavan vesistön valuma-alue, jolla on selkeä purkupiste, määritetään hyödyntämällä r.watershed:n virtaussuuntatasoa (*drainage direction*) ja r.water.outlet työkalua. Tällöin r.water.outlet työkalulle osoitetaan uoman purkupiste, jolloin työkalu laskee osoitetun hilan alapuolisen valuma-alueen.



Kuva 28. Uoma määritetään purkupisteestä. (Kuvassa valuma-alue punaisella. Purkupiste sinisellä ympyröitynä)



## R.watershed

R.watershed on WSSP:n valuma-alueen määrittästyökalu. Työkalu tuottaa virtaussuuntatason, valuma-alueet ja valuma-alueiden pääuomat käyttäjän määrittämässä skaalassa.

1. Haetaan valuma-alueen määrittäksen työkalu. *Processing ->Processing toolbox -> GRASS -> Raster(r\*) -> r.watershed*

2. Valitaan tasojen muodostamiseen vaadittavat parametrit:

- *Elevation -> poltettu\_korkeusmalli*
- *Convergence factor for MFD. -> 5.* (Tämä arvo määrää, kuinka suuri konvergenssi uomilla on. Arvolla 1 on suurin eriytyminen, mikä muodostaa eniten uomia, arvolla 10 taasen päinvastoin).
- *Minimum size of exterior watershed basin -> 20000.* Parametrilla valitaan pienin mahdollinen koko valuma-alueille. Arvo on pakollinen. Pienemmät arvot vaativat enemmän laskuaikaa sekä ovat raskaampia käsitellä, mutta muodostavat pienempiä ja tarkempia valuma-alueita.
  - Arvo määrittää *Unique label for each watershed basin* rasterin koon ja tarkkuuden.
  - Arvo määrittää *Stream segments* rasterin tarkkuuden

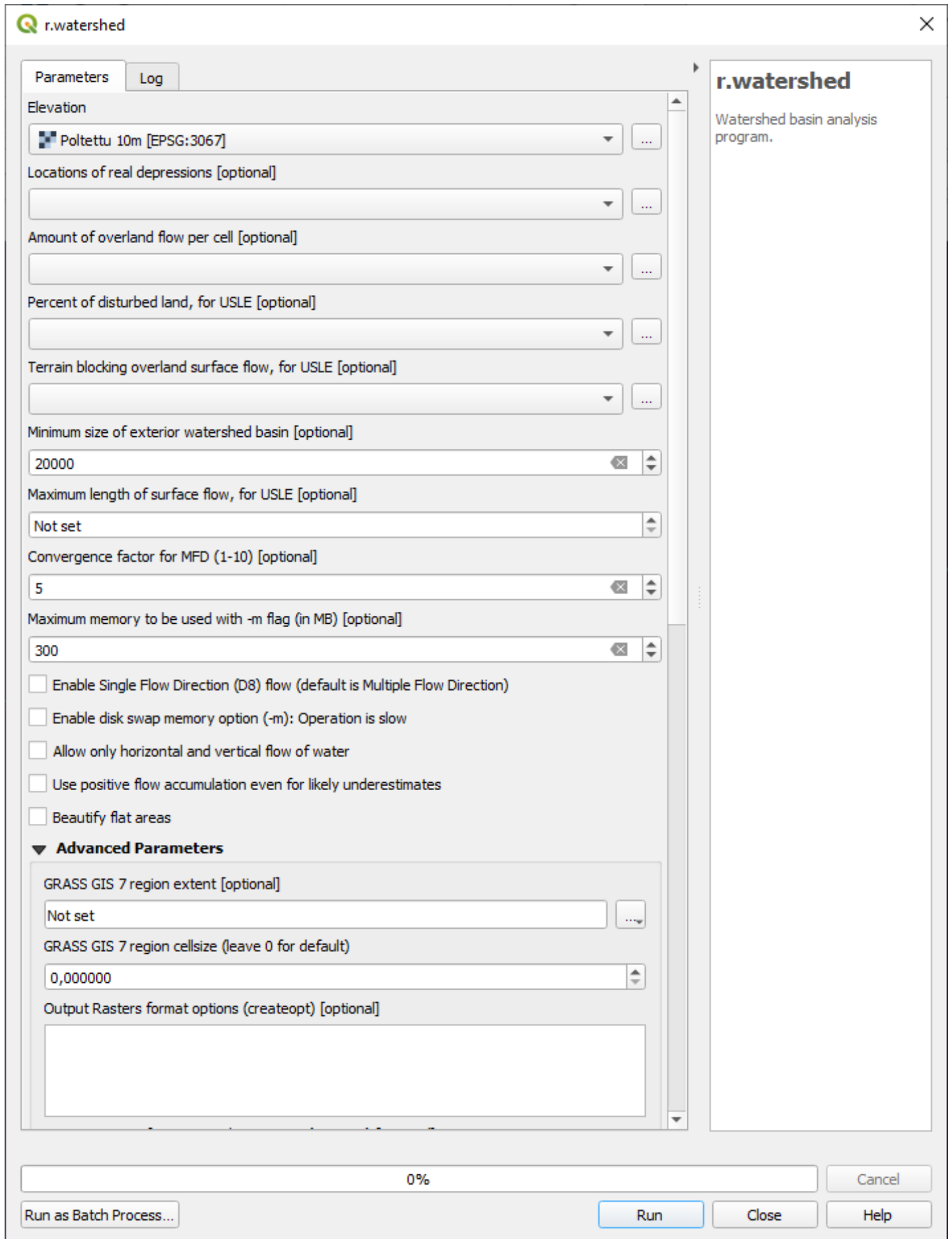
3. Valitaan ne laskutulokset, jotka ovat tarpeellisia:

- *Drainage direction -> Tallennetaan ja nimetään tunnistettavalla tavalla.*
- *Unique label for each watershed basin ->Tallennetaan ja nimetään tunnistettavalla tavalla.*
- *Stream segments* Tallennetaan ja nimetään tunnistettavalla tavalla.
- Muihin kohtiin -> *Skip output.* Valinnalla ohitetaan muut laskutulokset.

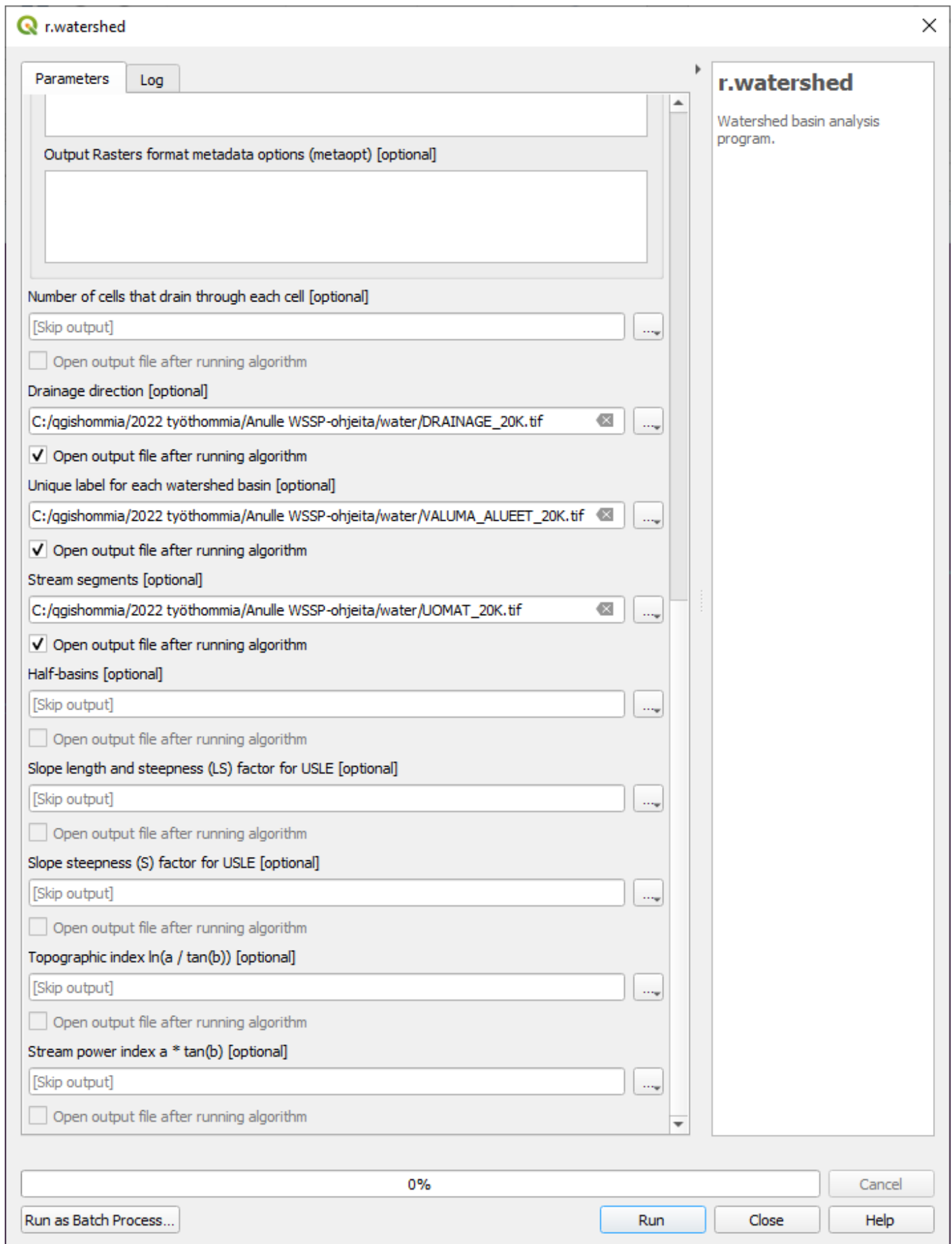
-> *Run.*

4. Tarkistetaan tulos, sulkematta työkalua (Kuvassa 31. esimerkkejä)

- *Unique label for each watershed basin* taso osoittaa minimiarvojen mukaiset valuma-alueet.
- *Stream segments* taso osoittaa laskettujen valuma-alueiden uomien sijainnit.
- *Drainage direction* taso osoittaa virtaussuunnan. Tasoa tarvitaan r.water outlet työkalussa.

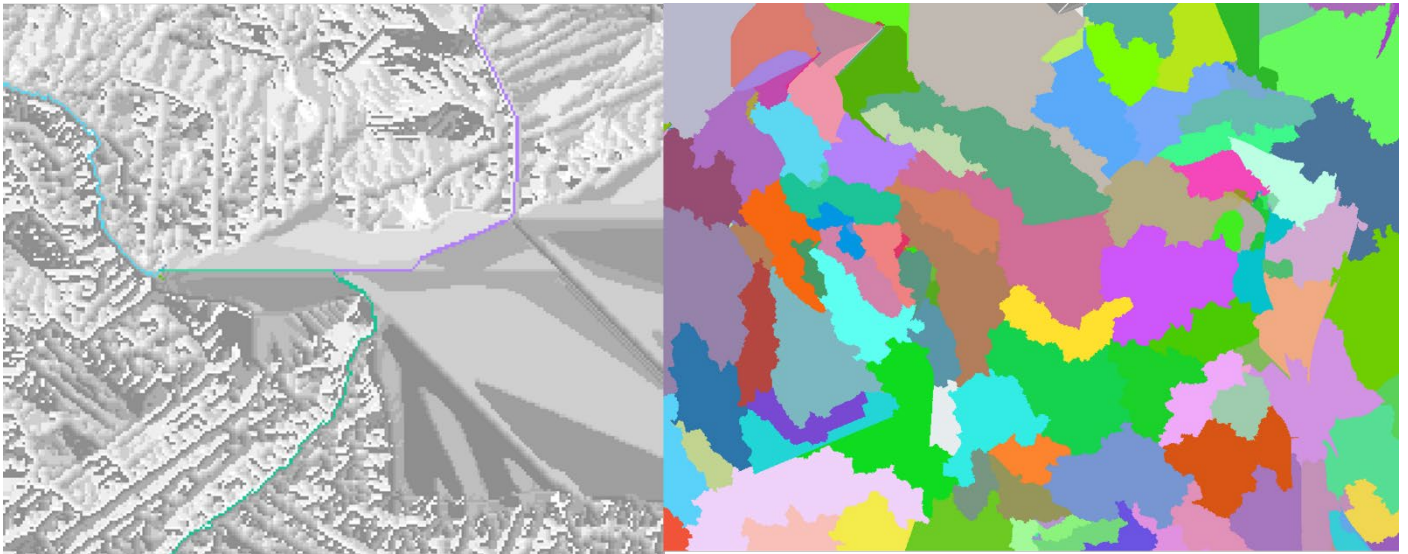


Kuva 29. R.watershed parametrin.



Kuva 30. R.watershed tarvittavat laskutulokset.





Kuva 31. Laskutulokset. Vasemmalla harmaan sävyisenä Drainage direction ja päällä väreillä Stream segments. Oikealla Unique label for each watershed basin.

R.watershed laskenta-alueen rajaus

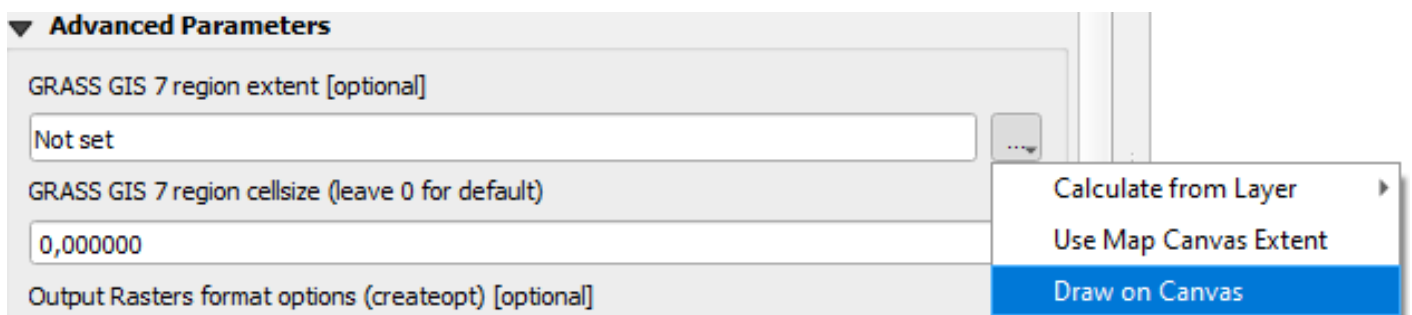
Työkalun laskualuetta voidaan rajata. Tämä helpottaa tarkasteltavan alueen pilkkomista osavaluma-alueiksi.

1. Toimitaan tismalleen samoin kuin kohdassa *R.watershed* lukuun ottamatta seuraavia vaiheita:

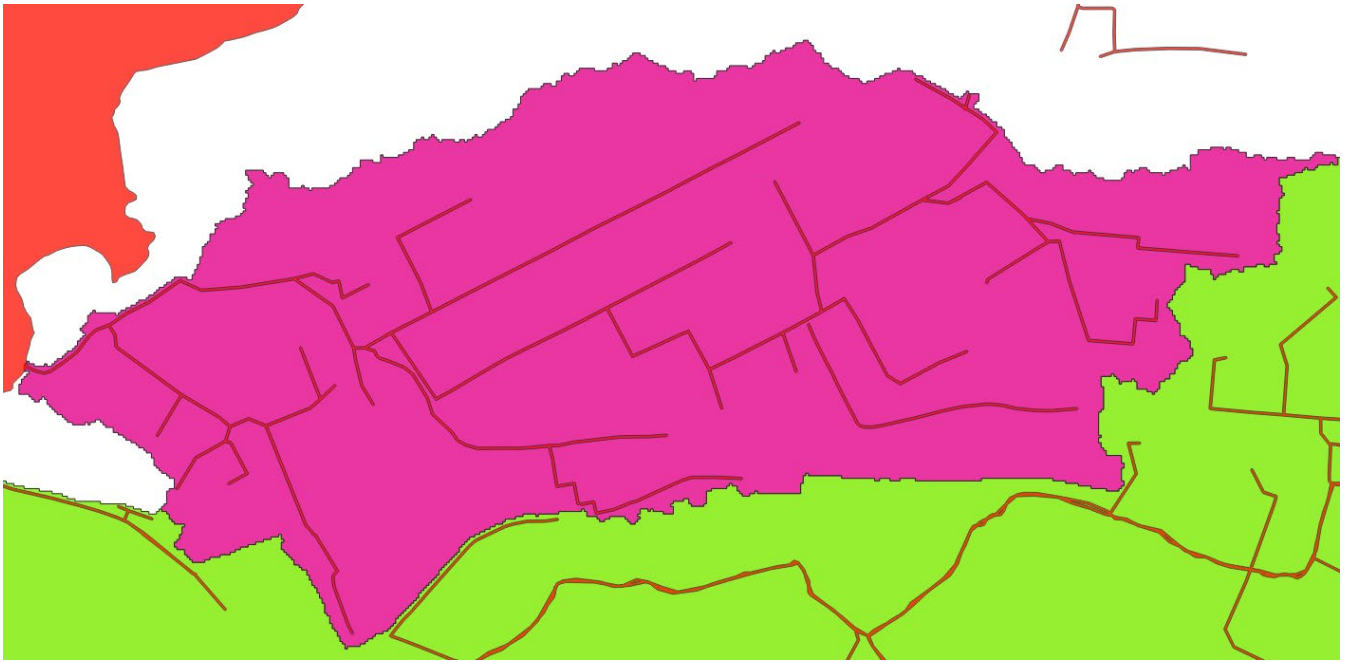
2. *Minimum size of exterior watershed basin* -arvoa tulee säätää ehdotettua pienemmäksi, riippuen tarkasteltavan alueen koosta. Arvot voivat olla esimerkiksi 2000 tai 5000.

3. Rajataan alue pienemmäksi kartalla. *Advanced parameters* -> *Grass Gis 7 region extent* -> *Draw on canvas*.

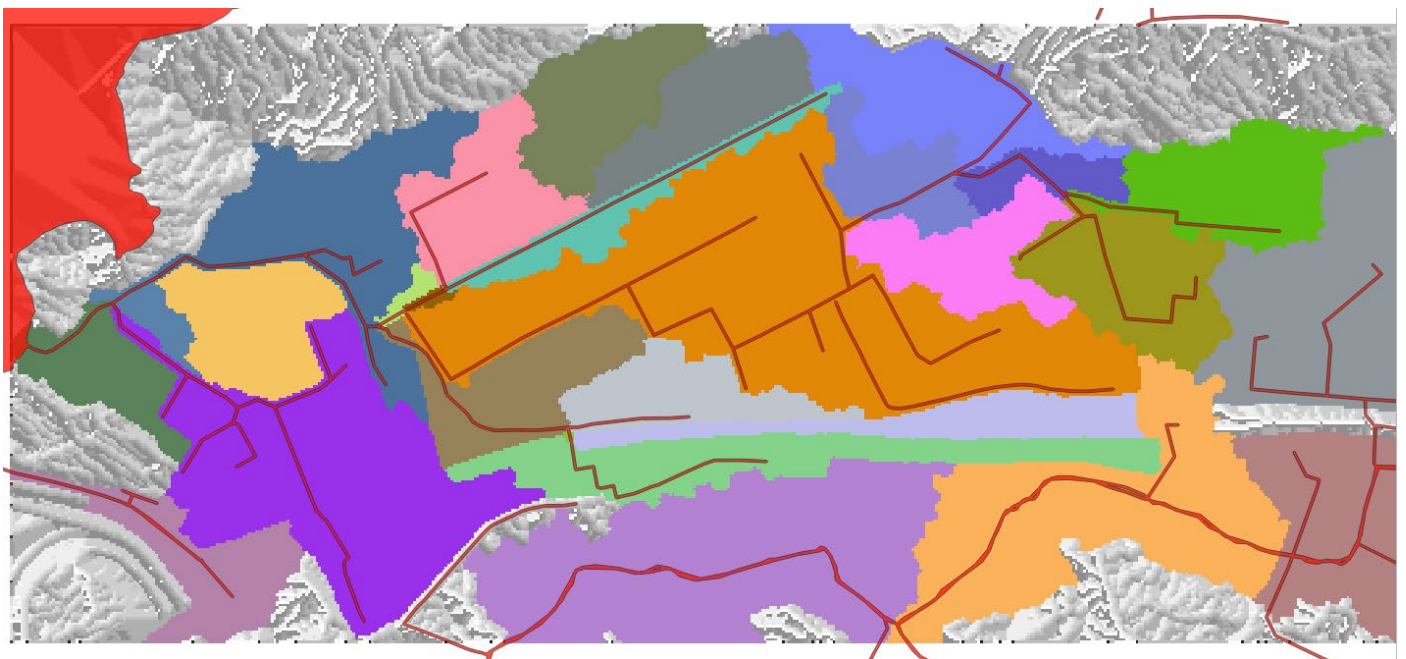
Alue voidaan esimerkiksi piirtää hyödyntäen aiemmin luotua *Unique label for each watershed basin* tason ulkorajoja noudatellen.



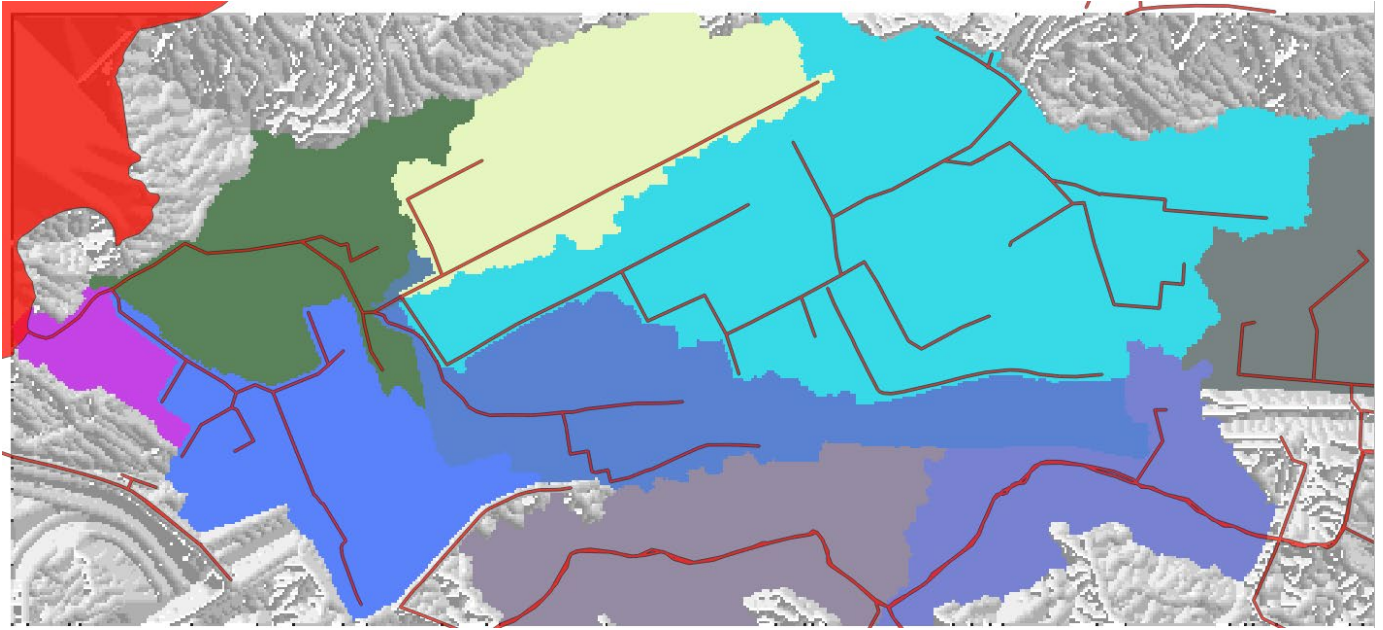
Kuva 32. Grass GIS rajaustoiminto.



Kuva 33. Eräs alue uomaverkkoineen. Valuma-alue on piirretty määritetty  $r.watershed$  laskutulosta ja  $r.water.outlet$ :a hyödyntäen. ( Minimum size of exterior watershed basin 20000)



Kuva 34. Sama valuma-alue rajattuna ja laskettuna eri minimikoolla. (Minimum size of exterior watershed basin 2000)



Kuva 35. Sama valuma-alue rajattuna ja laskettuna. (Minimum size of exterior watershed basin 5000)

R.water.outlet

R.watershed tuottaa *drainage direction* rasteritason, josta voidaan muodostaa tietyn hilan yläpuolinen valuma-alue r.water.outlet:lla. Työkalu on hyödyllinen tarkastellessa vesistöjä, joilla on selkeä purkupiste.

1. Toimiakseen r.water.outlet vaatii r.watershed:n tuottaman *drainage direction* tason. Tämä tuotetaan aiemmin ohjeistetulla tavalla.

2. Järjestetään tasot työtilassa. Tavoitteena on, että uomien sijainnit löytyvät. *Drainage direction* ja *polttotaso* voivat olla tässä apuna. Myös *stream segments* ja *poltettu\_korkeusmalli* voivat auttaa.



Kuva 36. Esimerkki järjestyksestä.

3. Luodaan ryhmä tasoikkunaan ja nimetään ryhmä tunnistettavalla tavalla. Maalataan ryhmä. (Tällä tapaa maalaamalla ryhmän, voidaan kaikki tasot asettaa automaattisesti ryhmän sisälle, kun käytetään mitä tahansa työkalua).



4. Haetaan työkalu. *Processing* -> *Processing toolbox* -> *GRASS* -> *Raster (r\*)* -> *r.water.outlet*

5. Valitaan r.water outlet parametrit:

- *Name of the input raster map* -> "Drainage direction" virtaussuuntarasteri

- *Coordinates of the outlet point* -> Valitse tarkasteltavan uoman purkupiste työtilasta

Coordinates of outlet point

0.000000,0.000000 [EPSG:3878]

▶ **Advanced Parameters**

- Tallennetaan tilapäisenä.

-> **Run. Sulkematta työkalua!**

8. Tarkistetaan tulos. Mikäli tuotettu valuma-alue "*Basin*" on vain muutaman hilan kokoinen, on syynä todennäköisimmin virtaussuuntatason (drainage direction) kannalta väärä purkupiste (*coordinates of outlet point*). **Oikean hilan löytäminen voi vaatia toisinaan useita yrityksiä!** Tasoja voi myös järjestellä uudelleen, kunnes mieluisa järjestys löydetään.

8b. Väärät tasot tulee poistaa -> *delete layer*. Valitaan uusi purkupiste ja kokeillaan uudelleen, kunnes oikea hila löytyy.



Kuva 37. *R.water.outlet* laskentatulokset erälle uomalle.

9. Toistetaan prosessia tarpeen mukaan uudelleen.

Valuma-alueiden polygonisointi

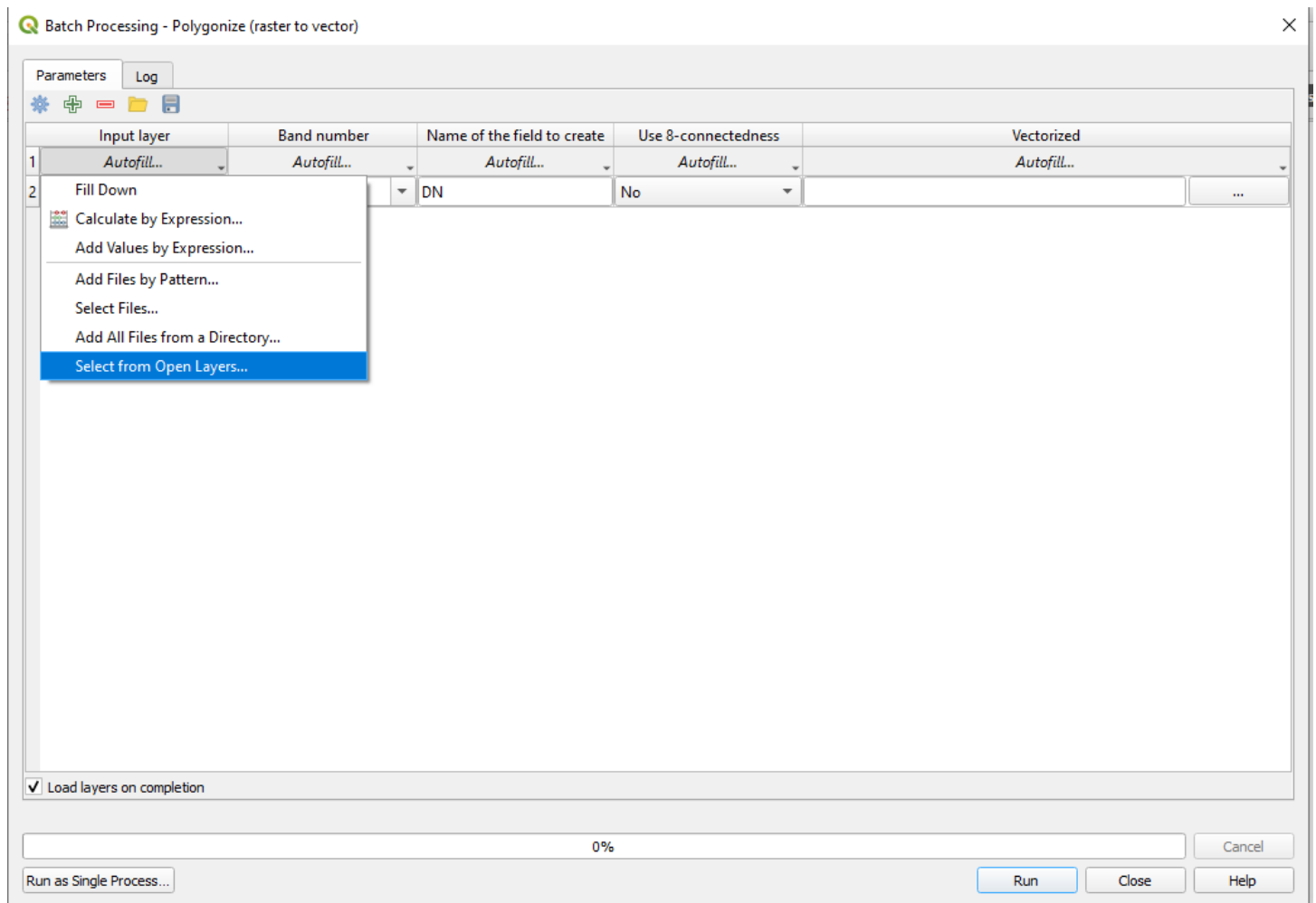
**Tämä kohta toteutetaan, mikäli valuma-alueita on tarpeen muuntaa vektoreiksi. Muutoin kohta ohitetaan.** Valuma-alueet on muutettava vektoreiksi, jotta niille voidaan laskea ominaisuustietoja.

1. Haetaan polygonisointityökalu ja toteutetaan **tarpeen mukaan** prosessi erinä. Mikäli polygonisoidaan vain yhtä tasoa, vaihetta ei tarvitse toteuttaa erissä. *Processing*-> *Processing toolbox* -> *GDAL*-> *Raster conversion* -> **Polygonize** -> *Execute as Batch process*

## 2. Valitaan polygonisoinnin parametrit (erissä).

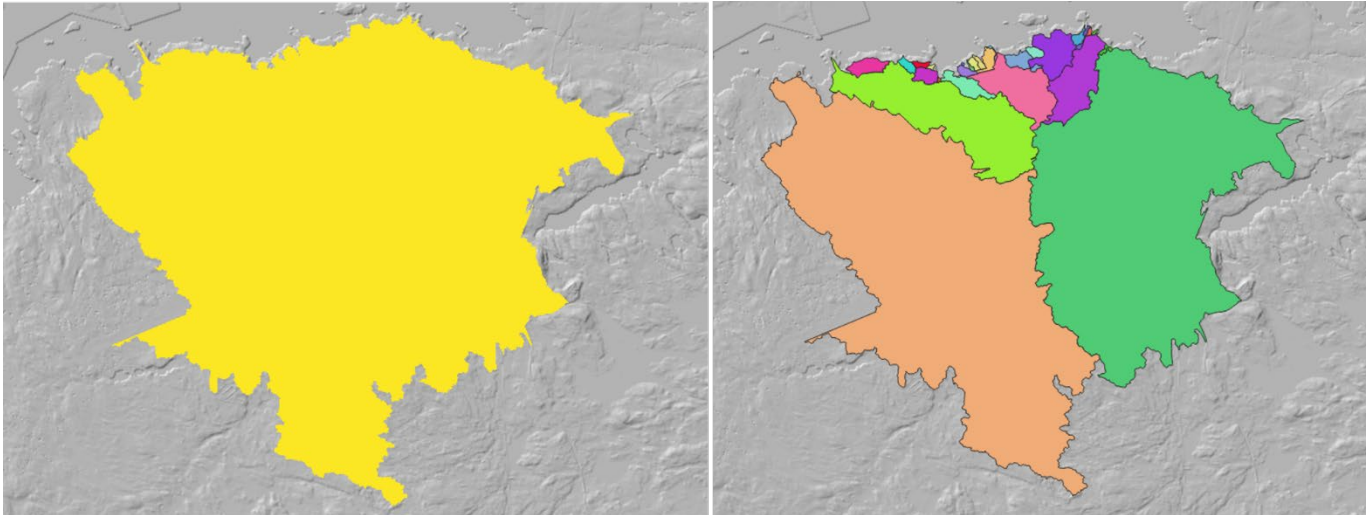
- *Input layers* -> *Autofill Select From open layers* -> Valitaan kaikki ne tasot, jotka halutaan muuttaa vektoreiksi.
- *Band number Autofill* -> Käytetään oletusasetusta.
- *Use 8-connectedness* -> *Autofill* -> No.
- *Vectorized.* -> *Painetaan kolmea pistettä ja etsitään tallennuspaikka* -> *Voidaan kirjoittaa etuliite tiedostonimeen (esim. kunta "VALU\_", "OSAVALU\_")* -> *Autofill* -> *Autofill settings* -> *Fill with numbers* -> ok.
- *Load layers on completion*

-> Run.



Kuva 38. Polygonisoinnin parametrejä.

## 3. Yhdistetään tasot, mikäli tarpeellista. Processing-> Processing toolbox -> Vector General -> Merge vector layers



Kuva 39. Polygonisoinnin tulos. Kuvassa keltaisella rasteritasoja. Oikealla usealla värillä vektoritasot.

Uomien polygonisointi

**Tämä kohta toteutetaan, mikäli uomia on tarpeen muuntaa vektoreiksi. Muutoin kohta ohitetaan.**

Toisinaan uomia voi olla tarpeellista polygonisoida.

1. Haetaan työkalu. *Processing* -> *Processing toolbox* -> *GRASS*->*Raster(r.\*)* -> *r.to.vect*

2. Valitaan polygonisoinnin parametrit:

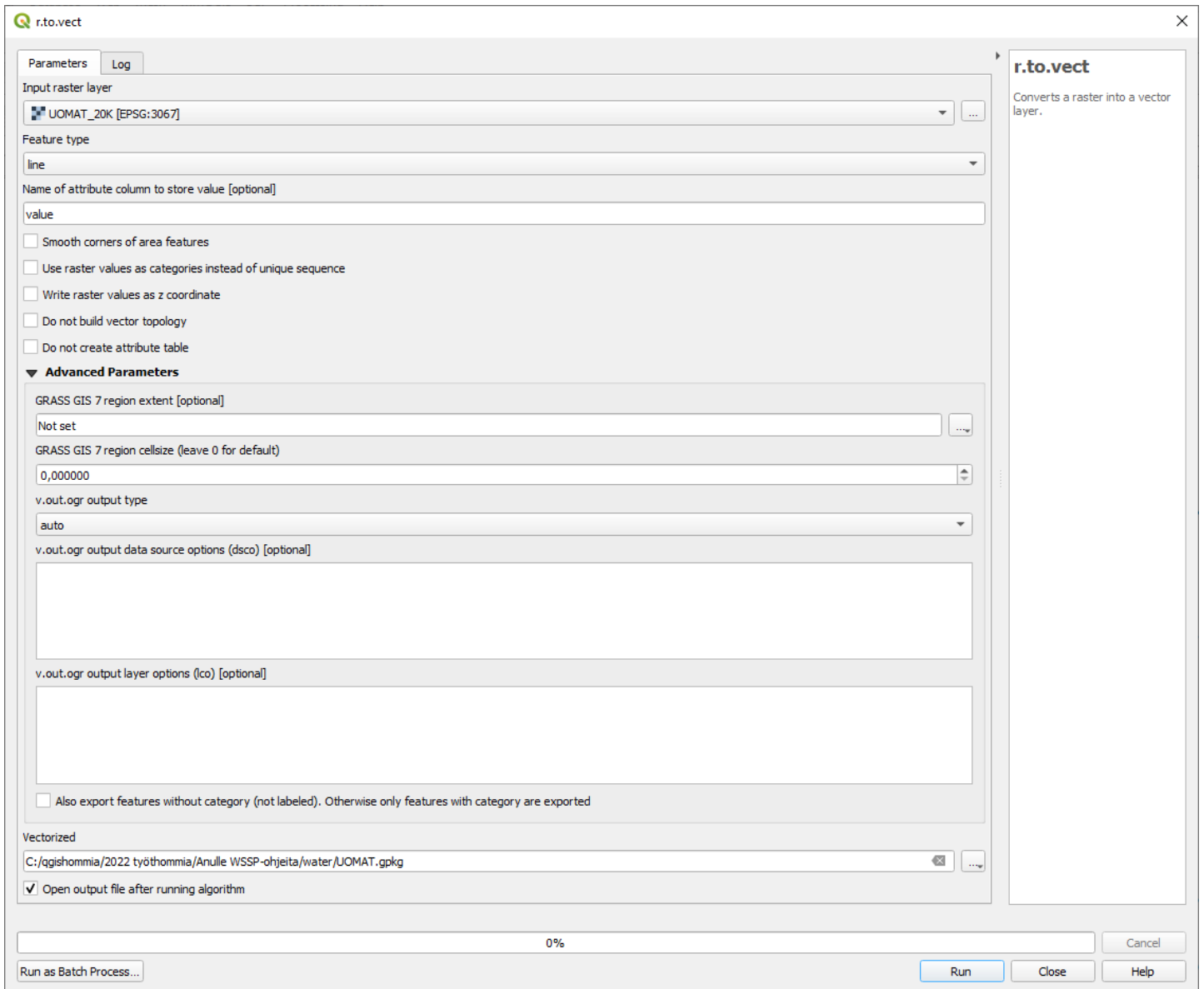
- *Input raster layer* -> *Stream segments*.
- *Feature type* -> *Line*.
- Tallennetaan tunnistettavalla tavalla.

-> *Run*.

2b. Jos työkalu ei tuota vektoritasoa, täytyy ohentaa. *Processing* -> *Processing toolbox* -> *GRASS*->*Raster(r.\*)* -> *r.thin*

->*Run*.

Palataan ohennetun aineiston kanssa kohtaan 2.

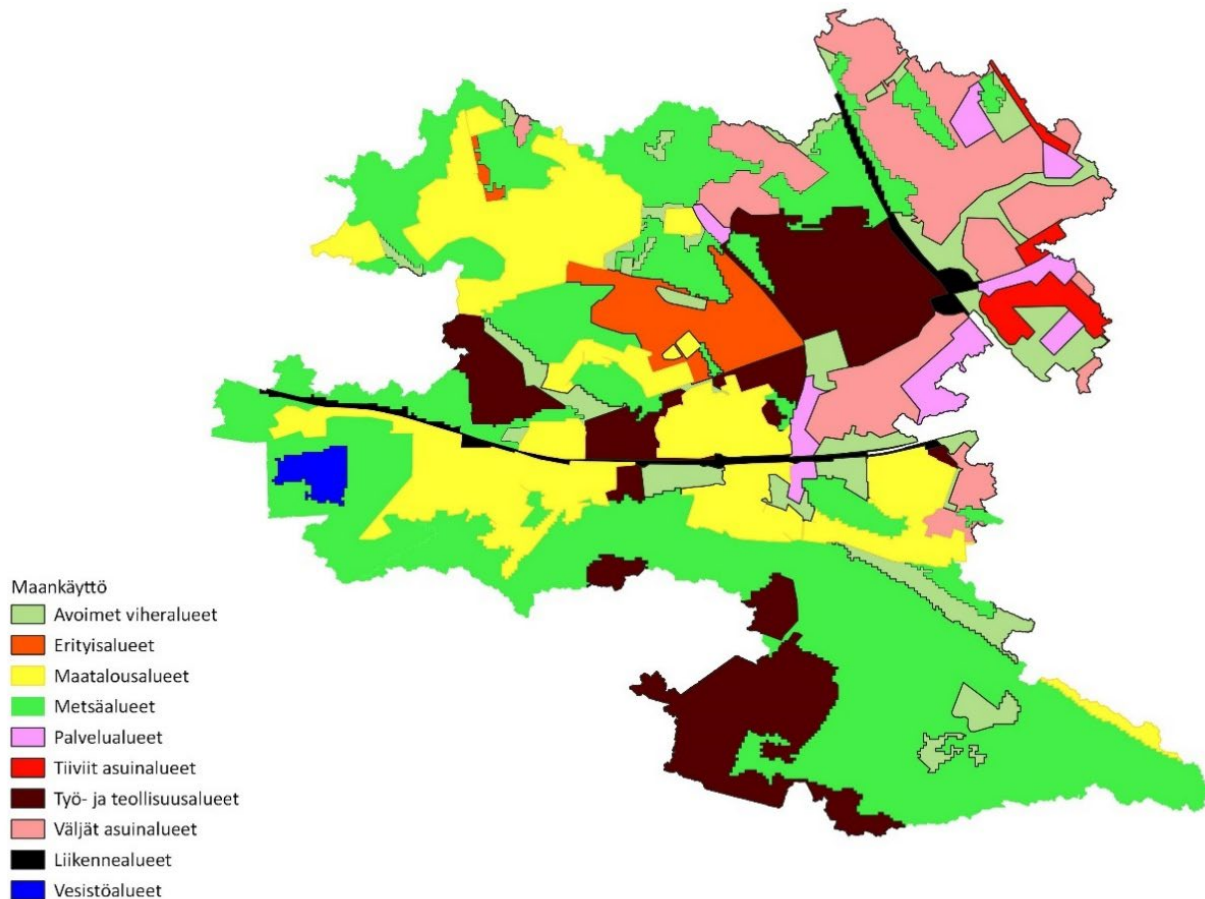


Kuva 40. Uomien polygonisoinnin parametrit.

3. Yhdistetään tasot, mikäli tarpeellista. Processing-> Processing toolbox -> Vector General -> **Merge vector layers**



# WSSP Maankäyttöluokka- ja muutosaluemoduuli



Kuva 41. Maankäyttö pilottialueella WSSP:n määritelmien mukaan.

## Tiivistelmä

On suositeltavaa luoda erillinen työtila maankäyttöluokkamoduulia varten. Moduulissa muunnetaan lähtöaineisto vastaamaan WSSP maankäyttöluokittelua. Tämän avulla saadaan käsitys hulevesien kannalta merkittävien maankäyttömuotojen laajuudesta ja ihmistoiminnan merkityksestä maankäyttömuodoittain. Lisäksi luokittelun avulla voidaan paikantaa muutosalueet. Muutosalueet ovat niitä alueita, jotka voivat muuttua hydromorfologiselta luonteeltaan niin paljon, ettei niitä voi pitää enää samana maankäyttömuotona. Moduulin tavoitteena on:

- Muuntaa yleiskaava vastaamaan WSSP maankäyttöluokkia (*"korjaamaton maankäyttö"*)
- Luoda nykytilaa heijasteleva maankäyttötaso (*"korjattu maankäyttö"*)
- Määrittää *"muutosalueet"*

Moduulissa tarvittavat lähtöaineistot:

- Yleiskaava
- Maastotietokannan tarvittavat kohteet
- LUKEN metsätiedon tarvittavat kohteet

Jotta maankäyttöluokittelu voidaan tehdä, on muutettava kaavan käyttötarkoituserä vastamaan WSSP:n maankäyttöluokkia. Tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi kaavan käyttötarkoitusta ilmaisevasta ominaisuustiedosta kuten V, PY, tulee luokat "Palvelualueet" sekä "Vesialueet" jne. Käyttötarkoituksettomalle kohteelle annetaan luokka "Kaavaton"

**Yleiskaavan on oltava topografisesti ehjä ja geometrialtaan monikulmio. Lisäksi jokaisella yleiskaavan kohteella tulee olla kaavanmukaista käyttötarkoitusta vastaava ominaisuustieto.** Mikäli aineisto ei täytä näitä ehtoja, tarkoittaa tämä lisätyötä. Topografiset virheet tulee korjata, jotka ohjeistetaan. Viivamuotoinen geometria vaatii polygonisoinnin. Ilman ominaisuustietoa maankäyttöluokittelua ei voi tehdä. Polygonisointi ja ominaisuustiedon lisääminen pistetasoilla ohjeistetaan.

#### QGIS- tukeman vektoritiedoston tuominen

Mikäli hulevesiverkostoaineisto on QGIS:n tukema vektoritiedosto toimitaan seuraavasti. **Mikäli aineisto on tekninen piirros, tämä kohta ohitetaan.**

1. Haetaan aineisto. Valitaan vektoritiedosto ja tiputetaan se työtilaan.
2. Tarkistetaan sijainti World-komennolla. *Coordinates -> World.*
3. Tarkistetaan ominaisuustiedot ja -muoto. Avataan tason välilehti. -> *Attribute table.*

Tuodun tiedoston on sisällettävä jokin ominaisuustieto, josta kaavan käyttötarkoitusta vastaava tieto käy ilmi. Tämä voi olla lyhenne (W, AS, V, PA) tai mikä tahansa muu käyttötarkoitusta vastaava tieto. Yleiskaavan tulee olla topografisesti ehjä monikulmio. Topografinen korjaus esitellään ohjeissa.

#### Teknisen piirustuksen tuominen .DWG ja .DFX

Tekninen piirustus pitää tuoda ja muuntaa QGIS:issa luettavaksi tiedostomuodoksi. **Mikäli aineisto on QGIS:n tukema vektoritiedosto, tämä kohta ohitetaan.** Mikäli kaavan tekninen piirustus saadaan viivamuotoisena, eikä se sisällä tarpeellista ominaisuustietoa, se tulee muuntaa monikulmiomuotoon.

1. Tuodaan tekninen piirustus työtilaan. *Project -> Import/Export -> Import layers from DWG/DFX.*
2. Valitaan tuomisen parametrit:
  - *Target package* -> Tallennetaan ja nimetään tunnistettavalla tavalla. Suositeltu tiedostomuoto on *geopackage (GPKG)*.
  - *Select CRS* -> Valitaan teknisessä piirroksessa käytetty koordinaattijärjestelmä. Tieto selviää piirustuksen mukana saaduista metatiedoista tai vastaavasta tietolähteestä, kuten kaavan piirtäjältä kysymällä. (**Tyypillisesti käytetään kunnallista EUREF-FIN koordinaattijärjestelmää**).
  - *Source Drawing* -> Alkuperäinen tekninen piirustus.
3. Nimetään ryhmä. -> *Group name.* -> *Ok.*
4. Tarkistetaan sijainti. *Coordinates -> World.*

5. Tarkistetaan tuodun aineiston muoto ja ominaisuustiedot. Attribuuttitaulukosta pitää löytyä kaavan käyttötarkoitusta vastaava tieto jokaiselle kohteelle.
6. Piilotetaan tai poistetaan tarpeettomat tasot. Tarpeellisia tasoja ovat monikulmiomuotoinen yleiskaava ja mahdollisesti kaavan käyttötarkoitusta ilmaiseva pistetaso.

#### Pirstaleisen viivamuotoisen geometrian muuntaminen monikulmioksi

**Tämä kohta ohitetaan, mikäli aineisto on yhtenäinen monikulmio valmiiksi.** Tässä osiossa opastetaan, kuinka aineisto korjataan käyttökelpoiseksi silloin, kun se tuodaan ohjelmaan viivamuotoisena ja sirpaleisena.

1. Haetaan geometrioiden yhdistämisen työkalu *Processing* -> *Processing toolbox* -> *Vector Geometry* -> *Snap Geometries to a layer*.

2. Valitaan geometrian yhdistämisen parametrit:

- *Tolerance (1)*
- *Behaviour -> Snap to anchor nodes*
- Tallennetaan välikaisena.

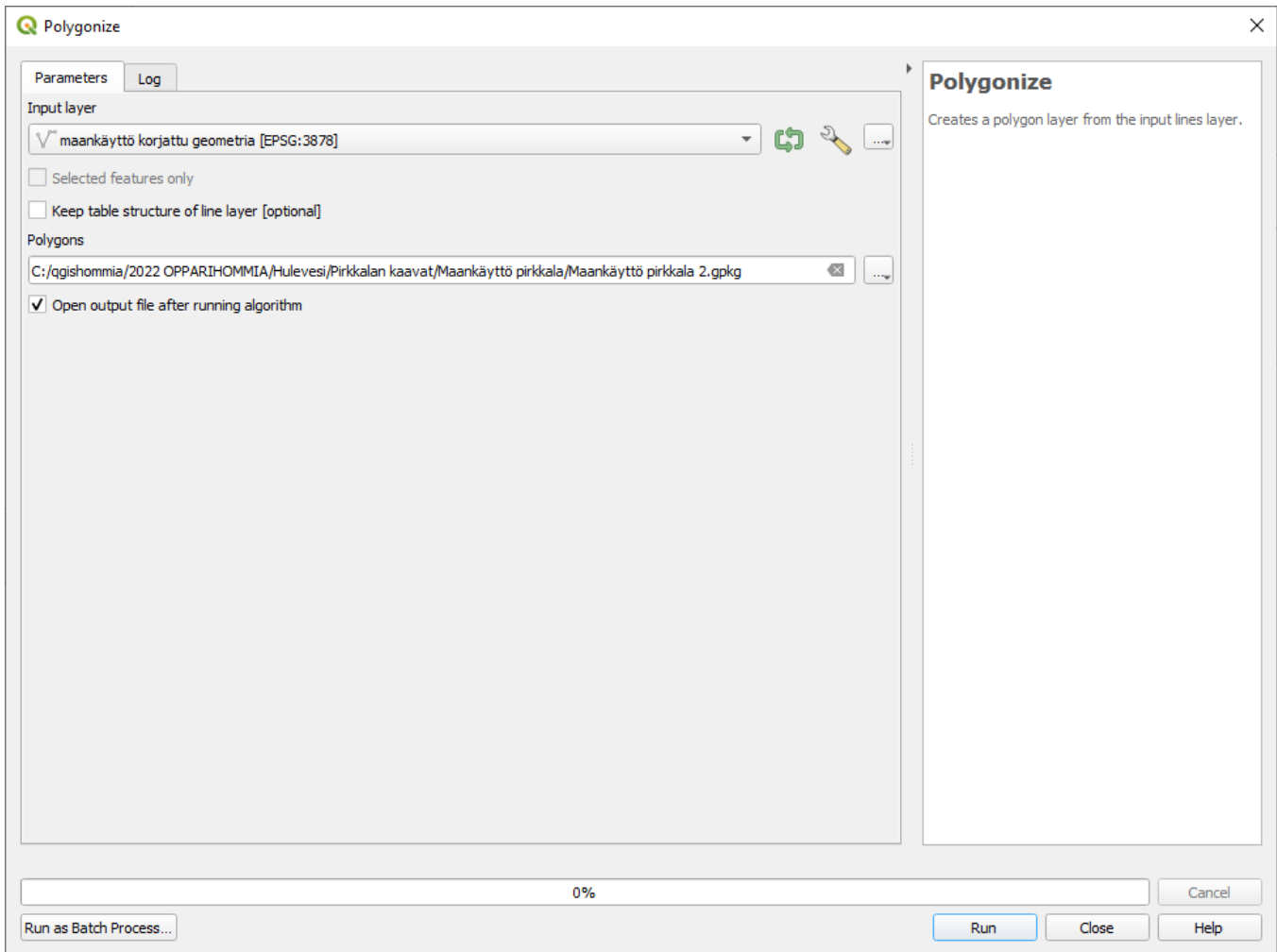
-> *Run*.

3. Muodostetaan luodusta vektorista monikulmio. *Processing* -> *Processing toolbox* -> *Vector Geometry* -> *Polygonize*.

4. Valitaan polygonisoinnin parametrit:

- *Input layer -> Snapped Geometries*
- Tallennetaan tunnistettavalla tavalla.

-> *Run*.



Kuva 42. Viivamuotoisen geometrian muuntaminen monikulmioksi.

5. Tarkistetaan tulos vertaamalla viiva- ja monikulmiomuotoista vektoritasoa. Korjataan mahdolliset virheet käsin digitoimalla. *Snap Geometries to a layer, Tolerance* -arvoa voidaan koittaa säätää käsitöiden välttämiseksi. **Pilotoinnissa huomattiin, että yhtä metriä suuremmat arvot voivat muuttaa kaavaa olennaisella tavalla!**

Kaavan käyttötarkoitusta vastaavan tiedon liittäminen monikulmioon sijainnin avulla

**Tämä kohta ohitetaan, mikäli aineistossa on kaavan käyttötarkoitusta vastaava ominaisuustieto.**

Monikulmioon voidaan liittää sijainnin avulla ominaisuustieto.

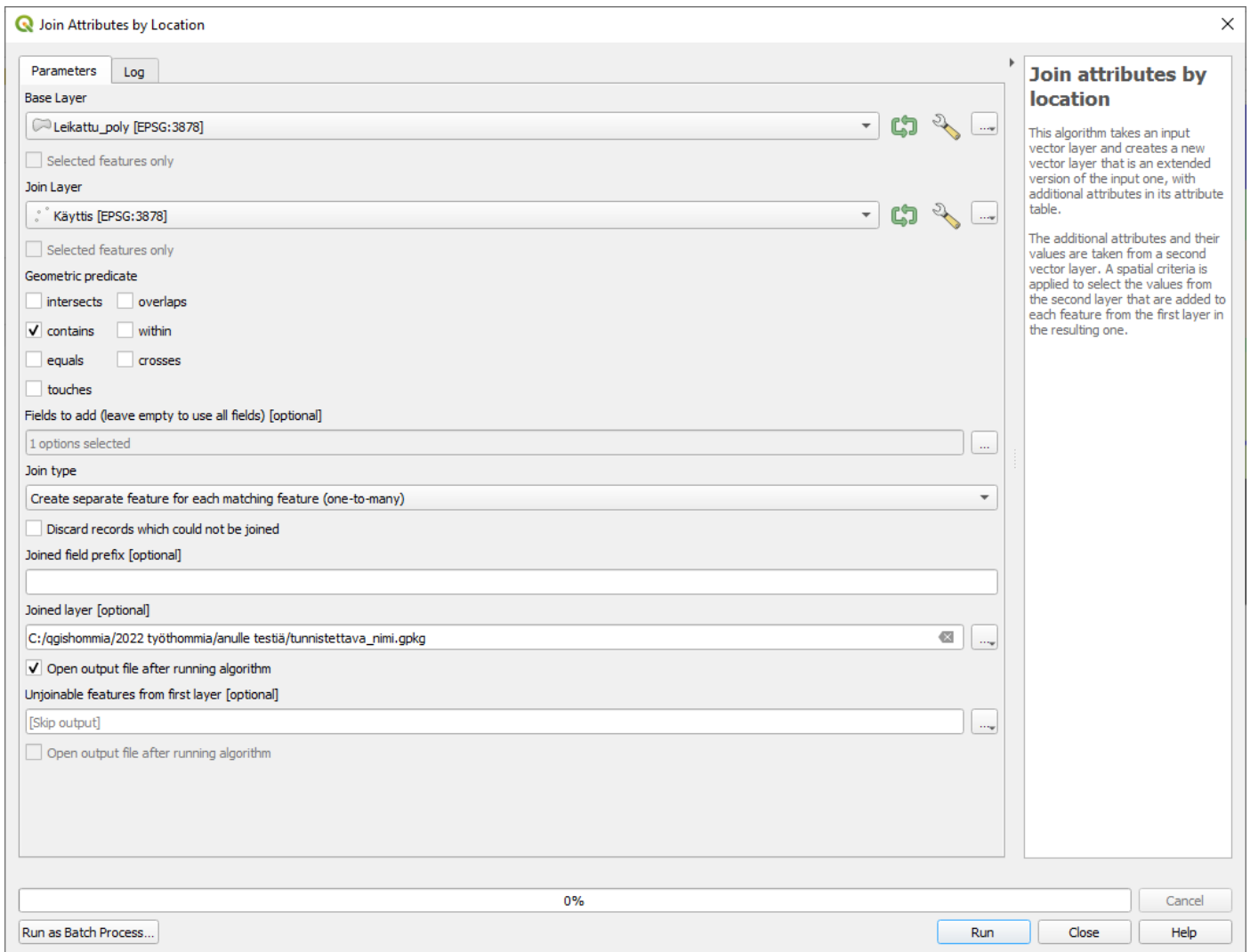
1. Haetaan sijainnin perusteella liittämisen työkalu. *Processing Toolbox* -> *Vector general* -> *Join attributes by location*

2. Valitaan sijainnin perusteella liittämisen parametrit:

- *Base layer* -> (edellisessä vaiheessa luotu taso) Taso josta puuttuu kaavan käyttötarkoitusta vastaava ominaisuustieto
- *Join layer* -> Taso joka sisältää kaavan käyttötarkoituksen (pistemuotoinen)
- *Geometric predicate* -> Contains
- *Fields to add* -> Valitaan se ominaisuustieto, joka sisältää kaavan käyttötarkoituksen
- *Join type* -> Take attributes of the first matching feature only (one-to-one)

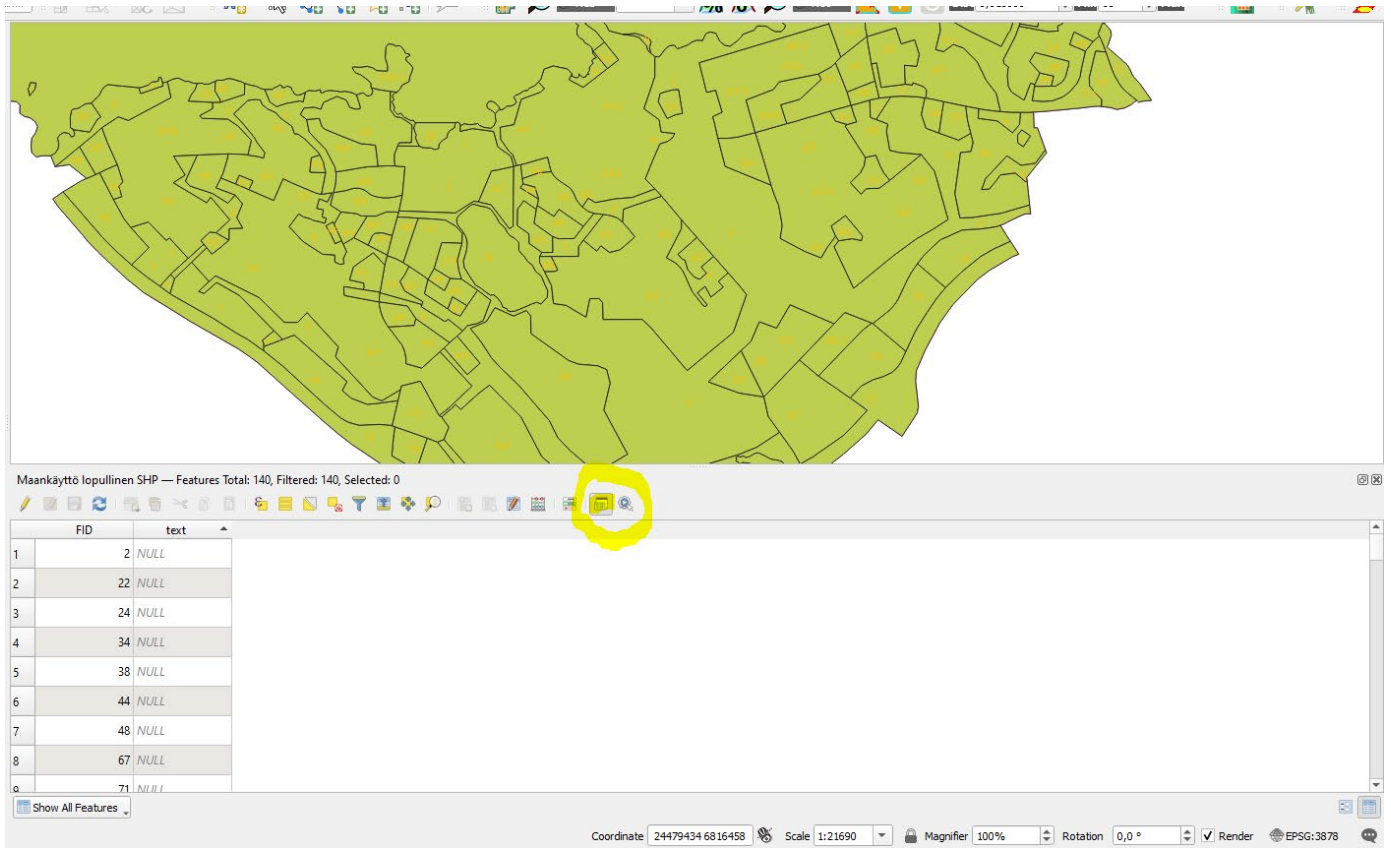
- Joined layer -> Tallennetaan taso tunnistettavalla tavalla.

-> Run.



Kuva 43. Sijainnin perusteella ominaisuustietojen liittämisen parametrit.

**Menetelmä on ainoastaan, niin tarkka kuin lähtöaineisto ilman korjaamista ja tarkistamista.** On mahdollista, että alueet sisältävät useita pisteitä tai pisteet eivät osu monikulmioihin. Lisäksi on mahdollista, että väärä piste osuu kohteeseen. Tästä seuraa epätarkkuuksia, jotka joudutaan korjaamaan käsin attribuuttitaulukkoa ja pistetasoa vertaamalla. Rinnakainen kuvatarkastelu voi myös auttaa korjauksessa.



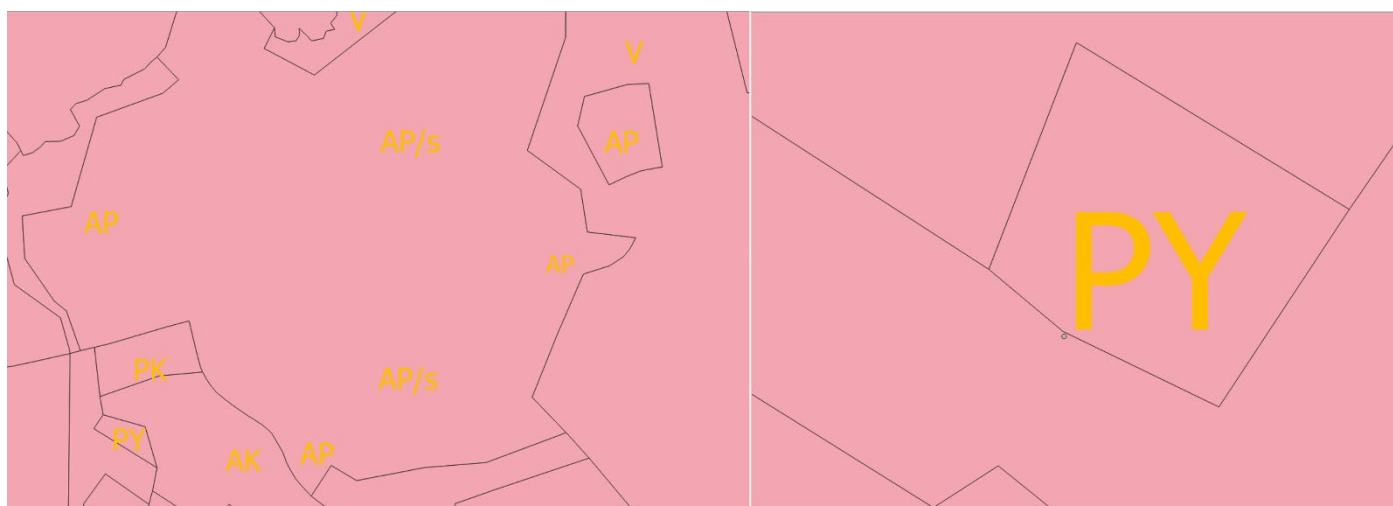
Kuva 44. Attribuuttitaulukon voi kiinnittää työtilaan.

Joined layer — Features Total: 140, Filtered: 140, Selected: 1

FID	text
1	0 EV
2	1 T
3	2 NULL
4	3 AP/s
5	4 TP
6	5 PK
7	6 AK
8	7 PK
9	8 V
10	9 VU
11	10 AP
12	11 T
13	12 AP
14	13 VU
15	14 TP
16	15 EV
17	16 V
18	17 V
19	18 PY
20	19 AK
21	20 V
22	21 PY
23	22 NULL

Show All Features

Kuva 45. Tason attribuuttitaulukko. NULL-arvot ovat niitä arvoja, joiden kohteiden sisällä ei ollut pistettä, joka ilmaisisi käyttötarkoitusta.



Kuva 46. Vasemmalla tilanne, jossa useita pisteitä osuu saman kohteen sisälle. Oikealla pistetaso ei osu kohteen sisälle. Kaikki tämä tuottaa virhettä.

## Projekointi

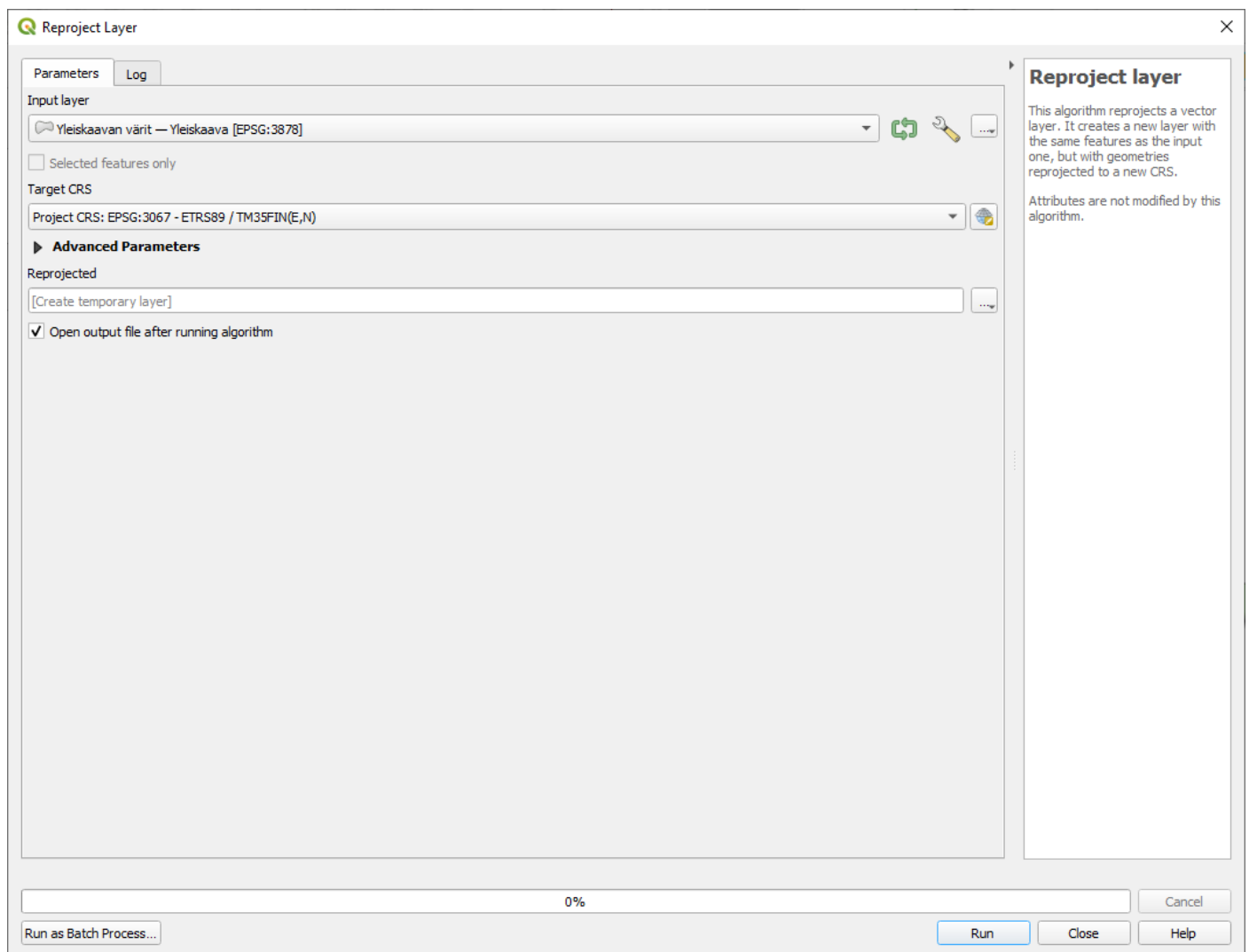
Ennen korjauksen aloittamista kaava tulee projektoida uudelleen EPSG:3067, ETRS-TM35FIN järjestelmään. Vaihtoehtoisesti kaikki ne aineistot, joita liitetään, tulee projektoida kunnalliseen koordinaatistoon.

1. Haetaan projektointityökalu -> Vector general -> **Reproject Layer**

2. Valitaan projektoinnin parametrit:

- *Input layer* -> Yleiskaava (Uudelleen projektoitava taso).
- *Target CRS* -> EPSG:3067, ETRS-TM35FIN.
- Tallennetaan väliaikaisena.

-> *Run.*



Kuva 47. Uudelleen projektoinnin parametrit.



## Yleiskaavan topologisten virheiden korjaus

Kaikista HULVATTU pilottikunnista hankitut lähtöaineistot (yleiskaavat) sisälsivät topologisia virheitä. Yleiskaavojen teknisissä piirroksissa oli limittäisyyksiä ja reikiä sekä geometrioiden hukkapaloja.

Aineiston virheet voidaan hyväksyä, tai ne voidaan korjata. Topologinen eheyttäminen vie aikaa. Mikäli aikaa ei ole täydelliseen korjaukseen, on suositeltavaa korjata vähintään suurimmat virheet, kuten kokonaisten kohteiden päällekkäisyydet ja suuret reiät.

- Geometrian hukkapalat (*Dangles*) voivat aiheuttaa virheitä liitettäessä kohteita toisiinsa yhteisen rajan perusteella.
- Limittäisyydet (*Overlaps*) edustavat virheellistä tietoa.
- Reiät (*Gaps*) edustavat puutteellista dataa.

Topologisten virheiden korjaamiseen ja paikantamiseen on kolme valmista työkalua:

- *Topology checker plugin* - Automaattiset tarkistukset, mutta käsin korjaukset
- *Geometry Checker plugin* - Automaattinen tarkistukset, mutta puoliautomaattiset korjaukset
- *V.clean* - Automaattiset tarkistukset ja korjaukset GRASS:in avulla

Yksikään työkalu ei osoittautunut pilotoinnissa aukottomaksi. Käsin korjaamisessa hyödynnettiin digitointia, *fix geometries*-, ja *remove dangles*- työkaluja. Reiät täytettiin *buffer*-, *dissolve*-, *difference* - työkaluja hyödyntäen. *V.clean* toimii heikosti, tai ei ollenkaan QGIS 3.27 versiossa. Tästä syystä työkalua ei suositella käytettäväksi. GRASS GIS ohjelmalla työkalu toimii paremmin.

Kaikkia virheitä ei todennäköisesti saada poistettua. **Vähin mitä täytyy tehdä, on suurimpien reikien täyttäminen.**

### Topologinen tarkistus

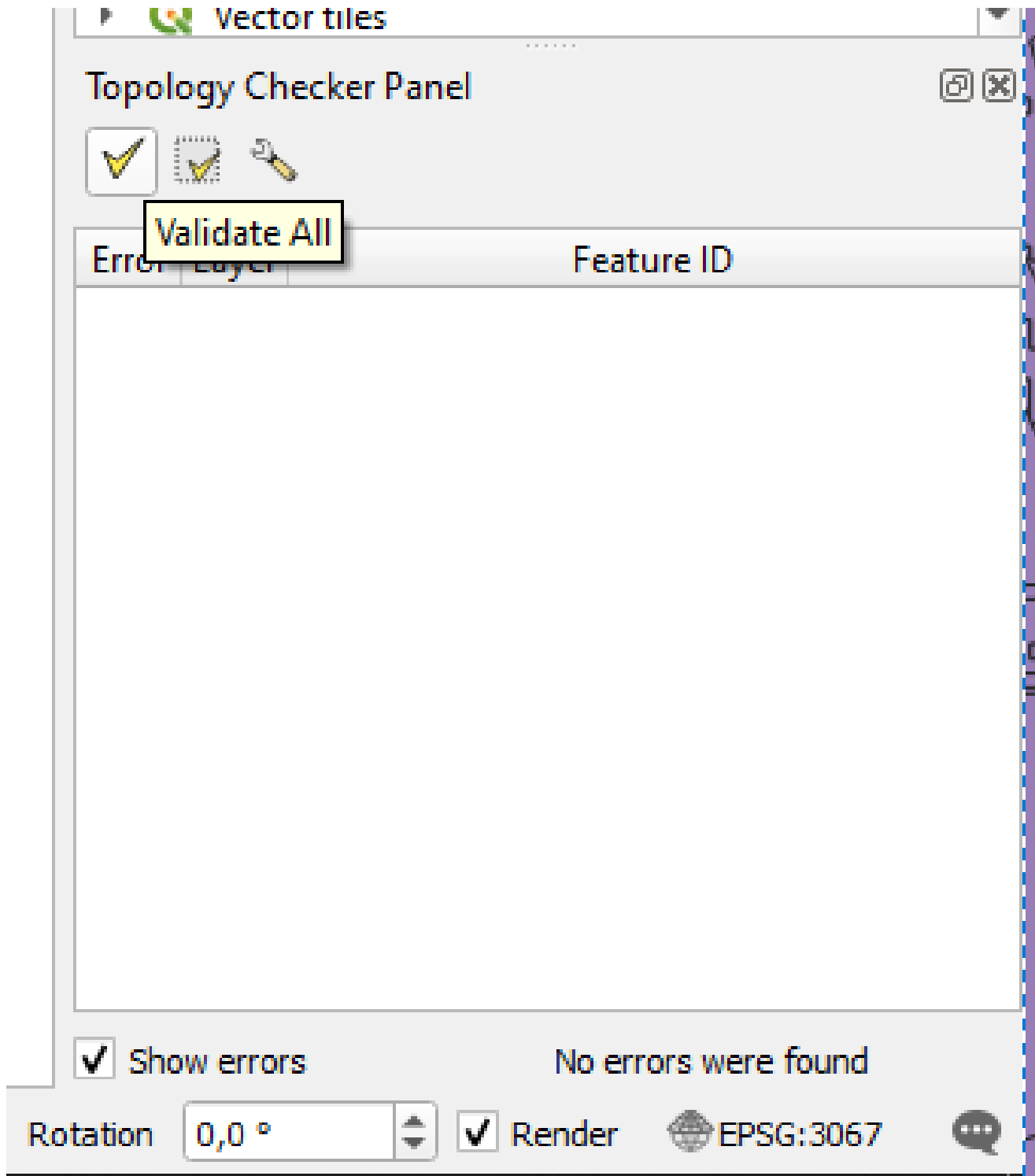
Topologinen tarkistus voidaan tehdä nopeasti. **Mikäli virheitä on vähän, koko topografisen eheyttämisen voi ohittaa.** Huomionarvoista on, että *Geometry Checker plugin* voi antaa eriäviä tuloksia.

1. Valitaan työkaluriviltä: *Vector* -> *Topology Checker plugin*

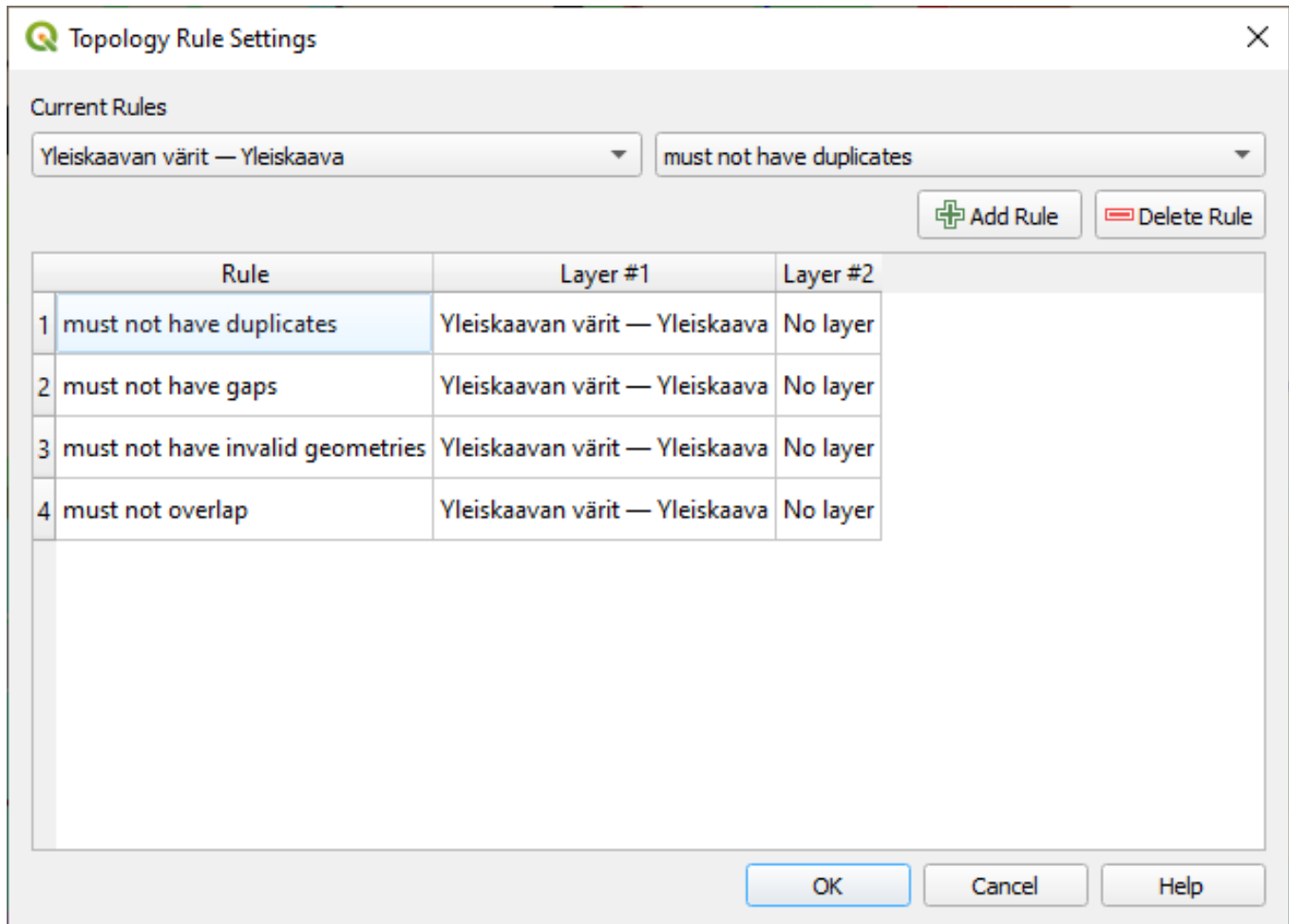
2. Valitaan topologisen tarkistuksen parametrit, lisäämällä tason seuraavat säännöt:

- *Must not have duplicates*
- *Must not have gaps*
- *Must not have invalid geometries*
- *Must not overlap*

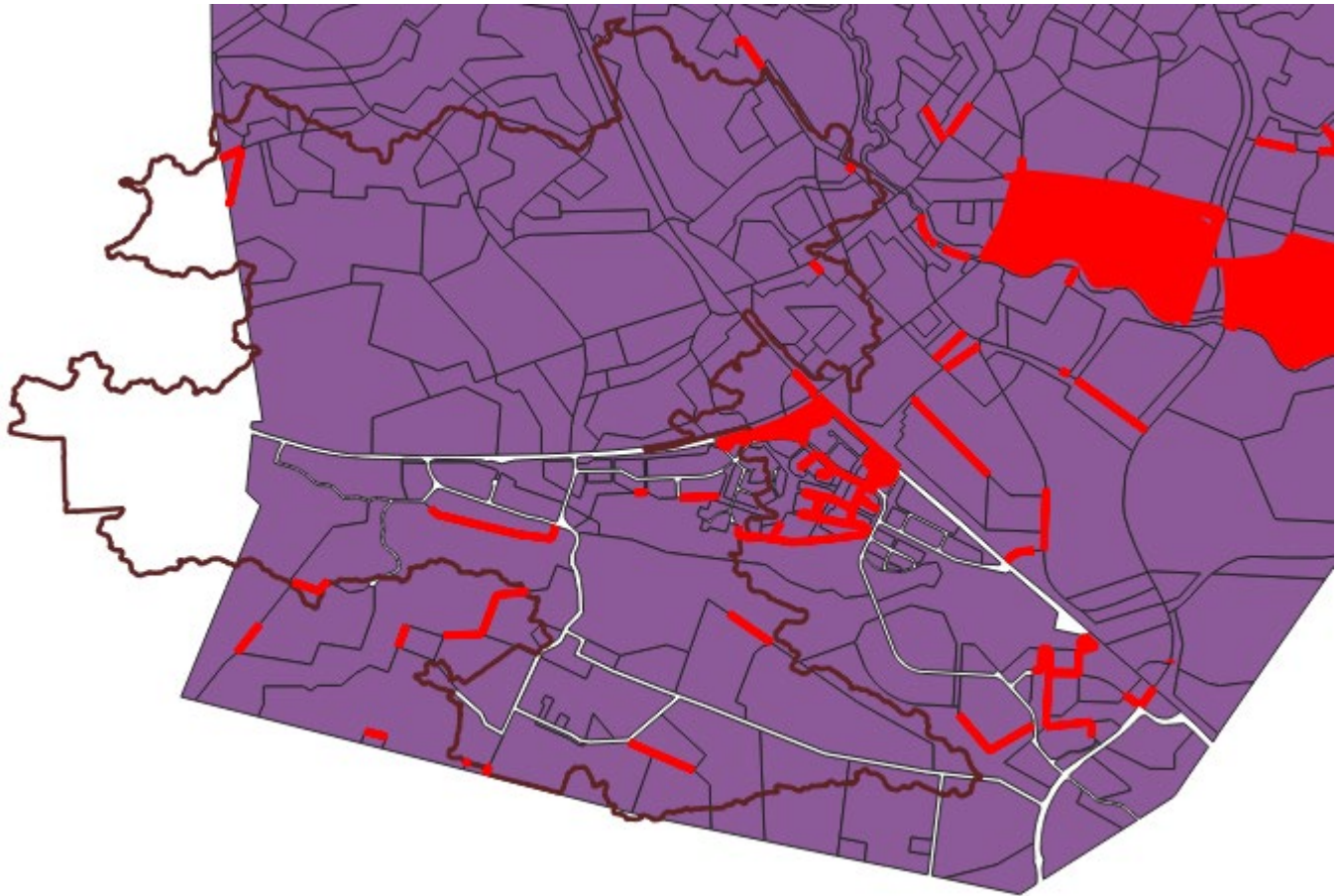
3. Painetaan *Ok* -> *Validate all*.



Kuva 48. Topologisen tarkistuksen validointi.



Kuva 49. Topologisen tarkistuksen säännöt



Kuva 50. Topologisen tarkistuksen tulokset. Kuvassa violetilla kaava. Punaisella virheet. Ruskealla valuma-alue.

Pilotoinnissa virheiden laajuus vaihteli neliösenteistä-kilometreihin, ja määrä sadoista virheettömään. Lisäksi on huomionarvoista, että *Topographic checker* ei kykene paikantamaan niitä kohtia, jotka ovat "auki" reunoista (valkoiset halkovat muodot kuvassa 49). Nämä kuitenkin edustavat puuttuvaa dataa, joten nekin on täytettävä.

3. Tarkistetaan reikien sijainti sulattamalla ja luodaan seuraavaa vaihetta varten työtaso. *Processing toolbox* -> *Vector Geometry* -> *Dissolve*

-> *Run*.



*Kuva 51. Sulatustyökalun tulos. Reiät näkyvät selkeästi valkoisena, tai mustana viivana.*

Reikien paikkaus ja aineiston leikkaaminen

Reikiä voi paikata digitoimalla tai toisella vektoritasolla. Kaikkien liitettävien aineistojen tulee olla samassa koordinaattijärjestelmässä.

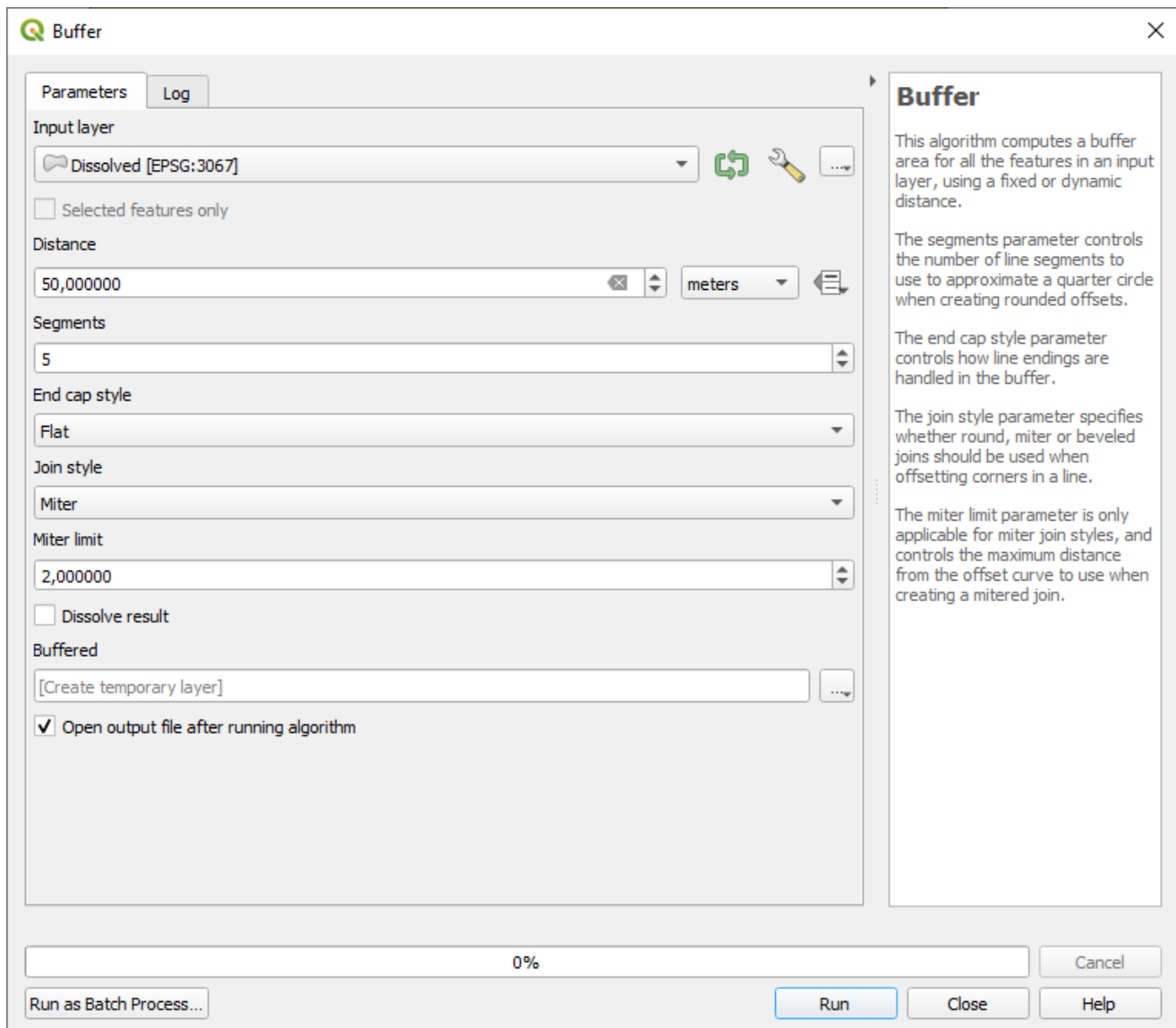
Yksinkertaisin tapa korjata reikiä on puskuroida aineistoa positiivisella ja negatiivisella arvolla. Tämän jälkeen puskuroitu aineisto liitetään ja puskuroimattomaan. Puskurointi aiheuttaa vääristymiä.

1. Haetaan puskurointityökalu. *Processing-> Processing toolbox -> Vector geometry -> Buffer*

2. Valitaan puskuroinnin parametrit:

- *Input layer -> Dissolved*
- *Distance -> 50 (Metrimäärän tulee olla riittävä, jotta suurin osa rei'istä täyttyy ja avoimet päät umpeutuvat. Liian suuri puskuri aiheuttaa suuria vääristymiä).*
- *Segments -> 5 (vähintään)*
- *End cap style -> Flat*
- *Join style -> Miter*
- *Dissolve result ->*
- Tallennetaan väliaikaisena.

-> *Run.*



Kuva 52. Puskuroinnin parametrit.

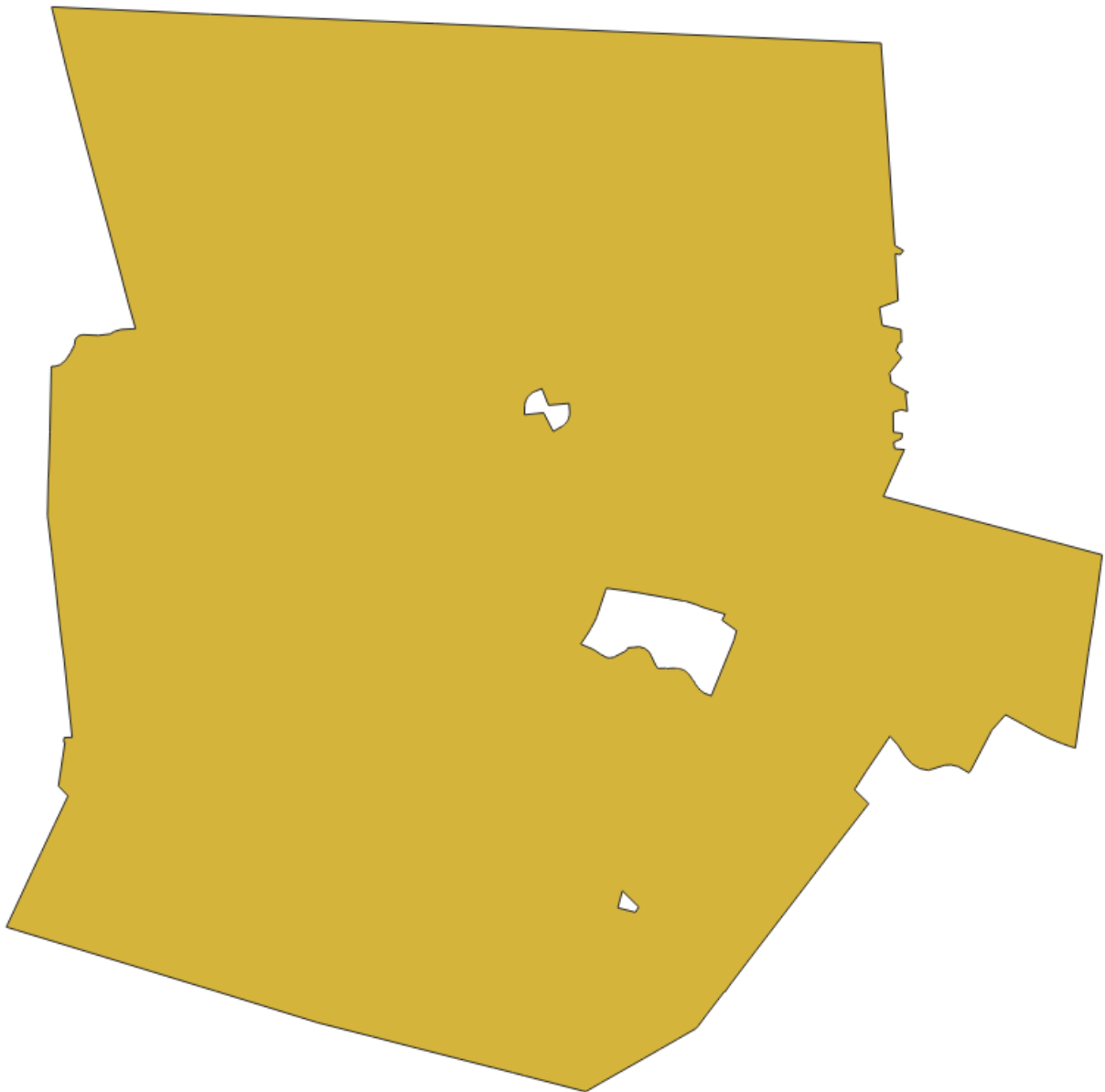
3 Toistetaan prosessi puskuroidulle (*buffered*) tasolle, mutta käytetään negatiivista puskuria.

4. Valitaan puskuroinnin parametrit:

- *Input layer* -> *Buffered*
- *Distance* -> - 50 (**Metrimäärän tulee olla sama kuin aiemmassa vaiheessa, mutta negatiivinen!**)
- *Segments* -> (Vähintään viisi)
- *End cap style* -> Flat
- *Join style* -> Miter
- *Dissolve result* ->
- Tallennetaan väliaikaisena.

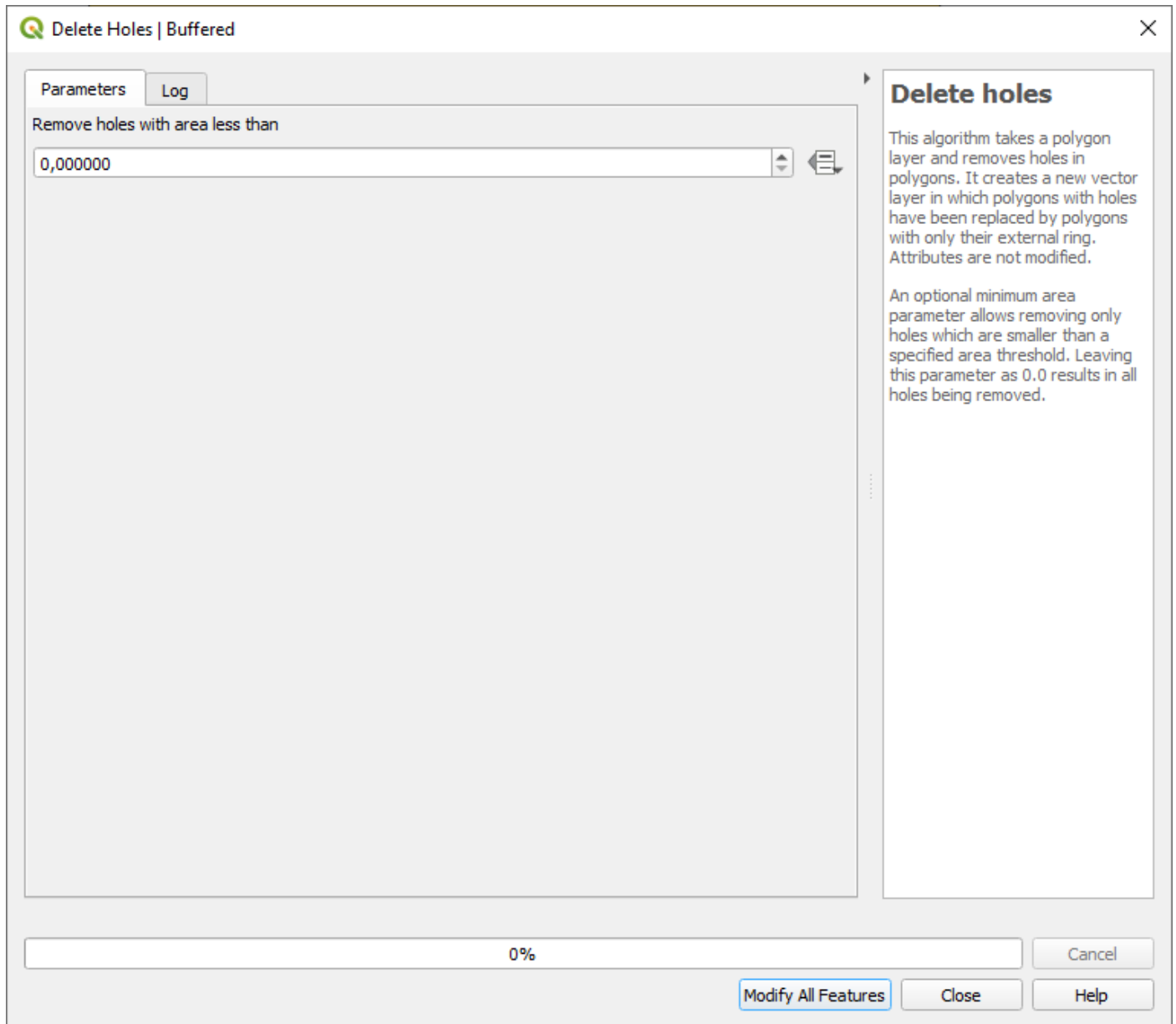
-> *Run*. Tarkistetaan ja nimetään tulos uudelleen. Avataan tason välilehti -> *Rename layer* -> "buffered2"

Menetelmä aiheuttaa ulkoreunojen vääristymää. Pilotoinnissa tämä vääristymä vaihteli senteistä muutamaan metriin.



Kuva 53. Puskuroitu taso.

5. Poistetaan *buffered2* -tasosta reiät automaattisesti. *Processing toolbox*-> *vector-geometry* -> *delete holes*  
-> *remove holes with area less than* -> 0



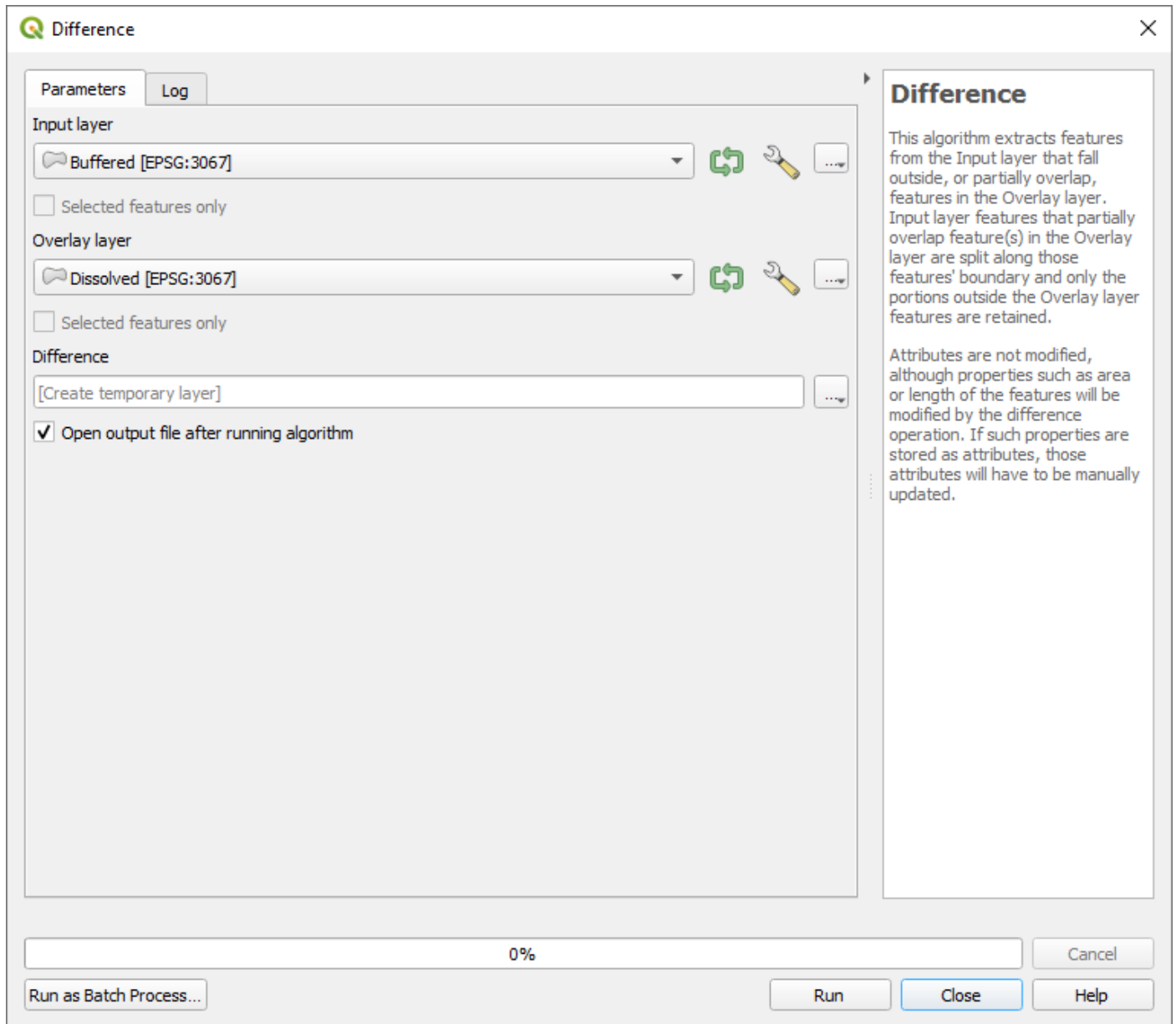
Kuva 54. Reikien poiston parametrit.

6. Etsitään puskuroidun ja puskuroimattoman tason väliset erot, liittämistä varten. *Processing*-> *Processing toolbox* -> *Vector overlay* -> *Difference*

7. Valitaan erotuksen parametrit:

- *Input layer* -> *buffered2* (puskuroitu ja täytetty taso)
- *Overlay* -> *Dissolved*





Kuva 55. Erotustyökalun parametrit.



Kuva 56. Erotuksen tulos.

8. Liitetään erotus (uudelleen projektoituun) kaavaan. *Processing*-> *Processing toolbox* -> *Vector General* -> *Merge vector layers*

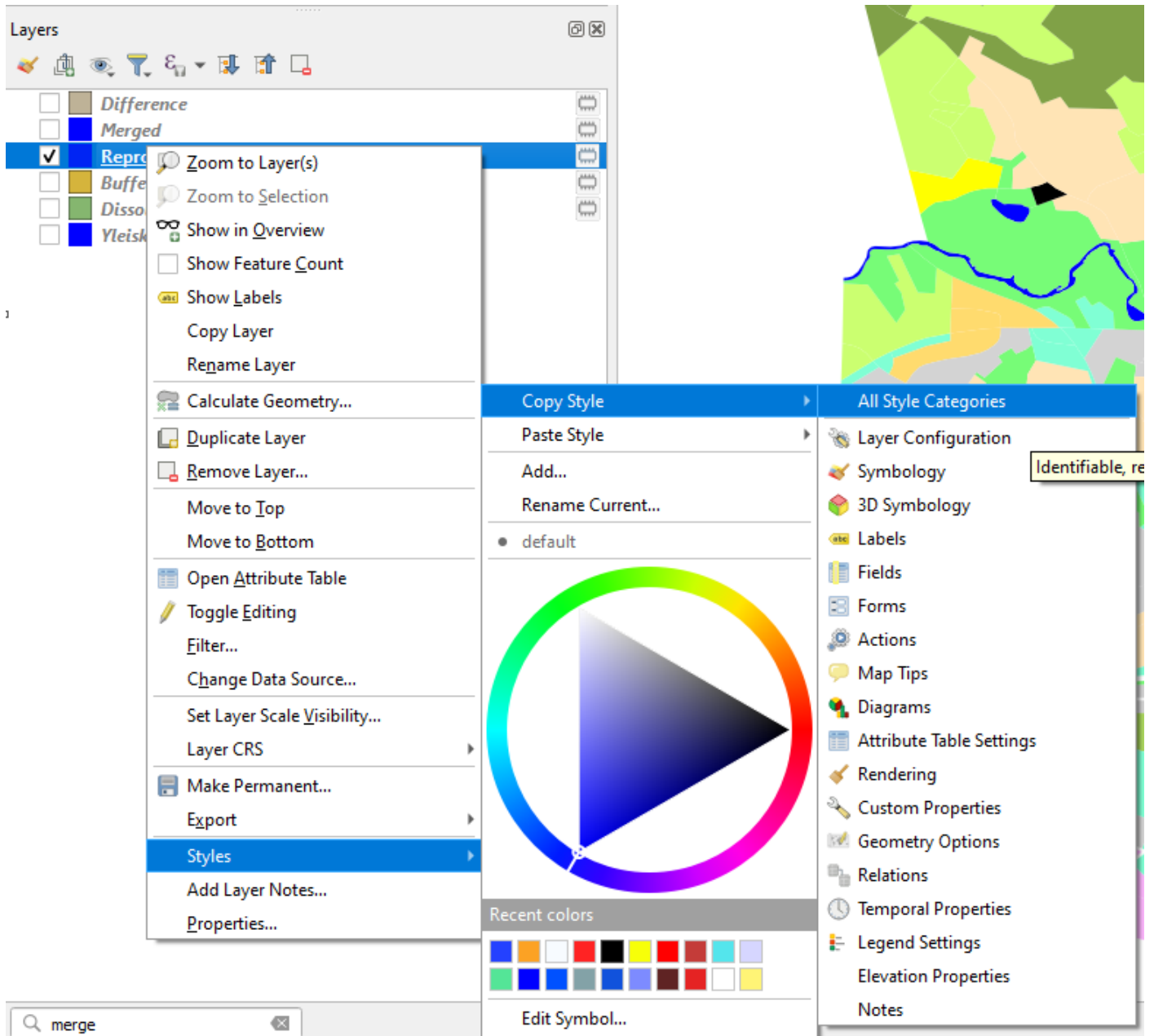
9. Valitaan liittämisen parametrit:

- *Input layers* -> *Reprojected* ja *Difference* (uudelleen projektoitu kaava ja erotus).
- Tallennetaan väliaikaisena.

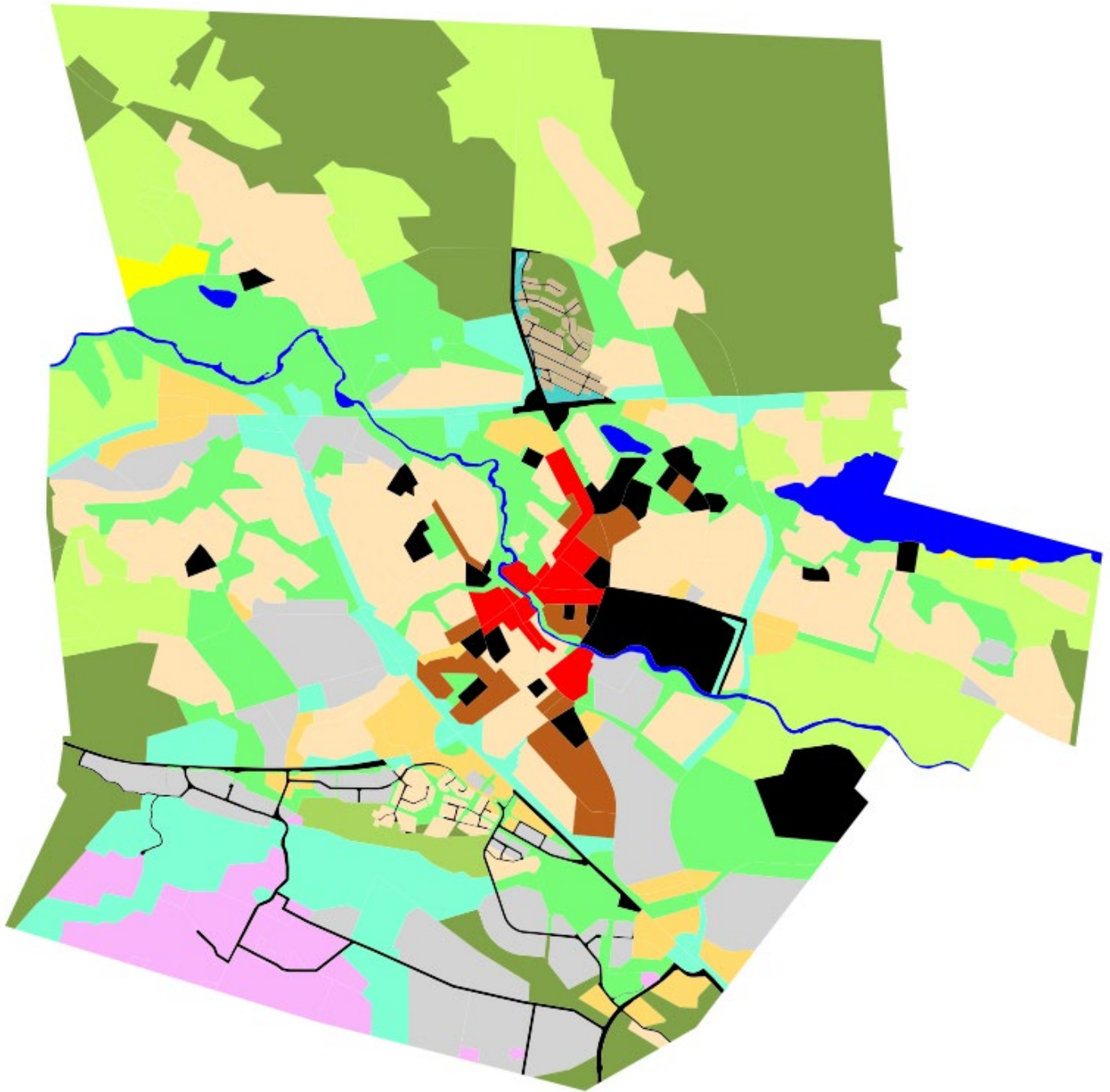
-> *Run*.

10. Kopioidaan ja liitetään luotuun "merged" tasoon yleiskaavan tyyli. Avataan yleiskaavatason välilehti. *Styles* -> *Copy Style* -> *All categories*.

11. Liitetään tyylit. Avataan *merged* tason välilehti *Styles* -> *Paste Style* -> *All categories*.



Kuva 57. Tyylin liittäminen.



Kuva 58. Reikien täytön tulos.

12. Viedään luotu taso uudeksi tasoksi. Avataan tason välilehti. *Export -> Save as -> "maankaytto\_tarkistus" -> Select Fields to export and their export options -> "Fid" kenttää ei viedä.*

**Save Vector Layer as...**

Format: GeoPackage

File name: työthomia\Anulle WSSP-ohjeita\maanköyttö\vdlin\korjaamaton\_maankaytto.gpkg

Layer name: korjaamaton\_maankaytto

CRS: EPSG:3067 - ETRS89 / TM35FIN(E,N)

Encoding: UTF-8

Save only selected features

**Select fields to export and their export options**

Name	Type	Replace with displayed values
<input type="checkbox"/> fid	Integer64	
<input checked="" type="checkbox"/> handle	Integer	<input type="checkbox"/> Use Range
<input checked="" type="checkbox"/> block	Integer	<input type="checkbox"/> Use Range
<input checked="" type="checkbox"/> etype	Integer	<input type="checkbox"/> Use Range
<input checked="" type="checkbox"/> space	Integer	<input type="checkbox"/> Use Range
<input checked="" type="checkbox"/> layer	String	

Select All      Deselect All

Replace all selected raw field values by displayed values

Persist layer metadata

**Geometry**

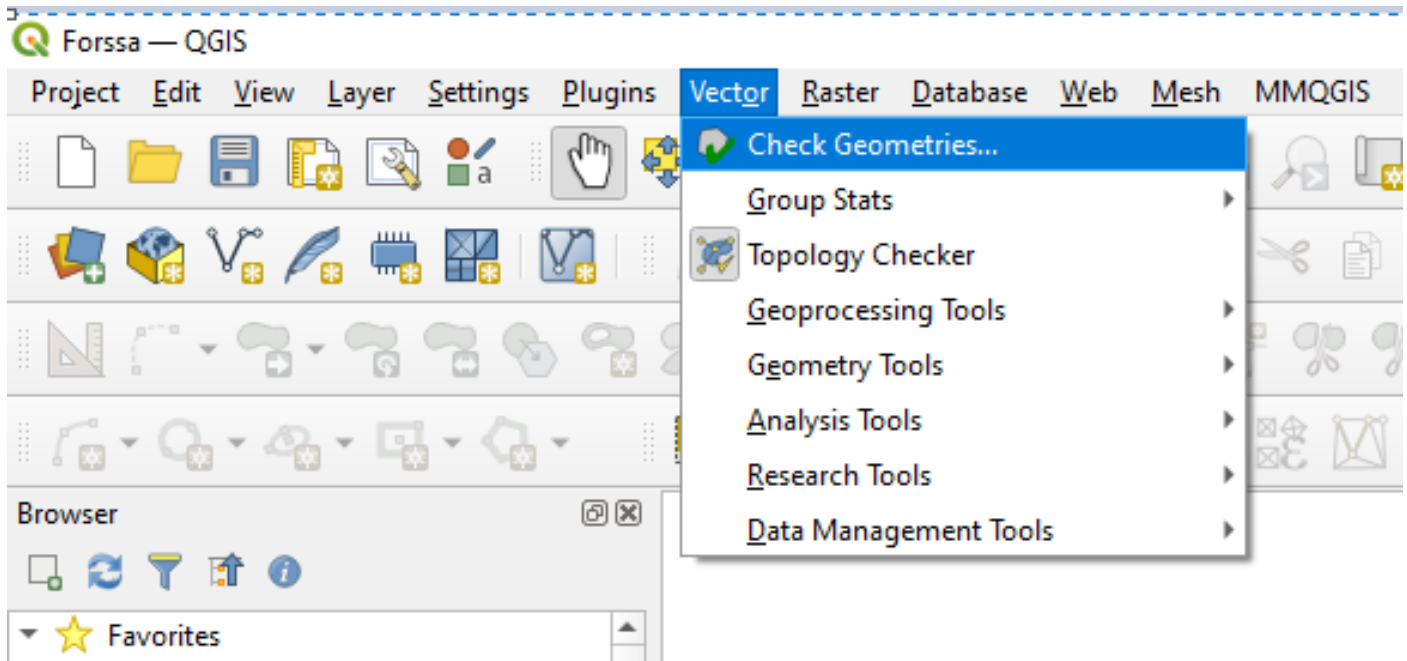
Geometry type: Automatic

Add saved file to map    **OK**    Cancel    Help

Kuva 59. Tallentamisen asetukset. Uniikkia tunnistetta ei viedä.

Limittäisyyden poistaminen Check Geometries, ja digitoinnin avulla  
Seuraavaksi poistetaan limittäisyydet. Suoritetaan topologinen tarkistus *Check geometries* -työkalulla.  
Työkalussa on useita eri parametreja, joista WSSP hyödyntää vain osaa. Työkalu ei osoittautunut parhaaksi mahdolliseksi työkaluksi poistaa reikiä.

1. Valitaan työkaluriviltä: *Vector* -> *Check geometries*.



Kuva 60. Check geometries

2. Valitaan geometrian tarkistuksen parametrit

- Input Vector layers -> *“maankaytto\_tarkistus”*
- Topology Checks -> Check for overlaps smaller than -> 0
- Output directory -> tunnistettava paikka
- Output vector layers -> Create new layers -> filename prefix *“Check”*

-> Run.

**Check Geometries**

Setup Result

Self intersections  
 Duplicate nodes  
 Self contacts  
 Polygon with less than 3 nodes

**Geometry properties**

Polygons and multipolygons may not contain any holes  
 Multipart objects must consist of more than one part  
 Lines must not have dangles

**Geometry conditions**

Minimal segment length (map units) 2,000000  
 Minimum angle between segments (deg) 1,000000  
 Minimal polygon area (map units sq.) 700,000000  
 No sliver polygons  
 Maximum thinness 1  
 Max. area (map units sq.) 0,000000

**Topology checks**

Check for duplicates  
 Check for features within other features  
 Check for overlaps smaller than (map units sq.) 0,000000  
 Check for gaps smaller than (map units sq.) 0,000000  
 Points must be covered by lines  
 Points must properly lie inside a polygon  
 Lines must not intersect any other lines  
 Lines must not intersect with features of layer Buffered  
 Polygons must follow boundaries of layer Buffered

*Note: Topology checks are performed in the current map CRS.*

Tolerance 1E-16

**Output vector layers**

Modify input layers  
 Create new layers

Format GeoPackage  
 Output directory C:/qgishommia/2022 työthommia/Anulle WSSP-ohjeita/maankäyttö/vclin Browse  
 Filename prefix Check

Run

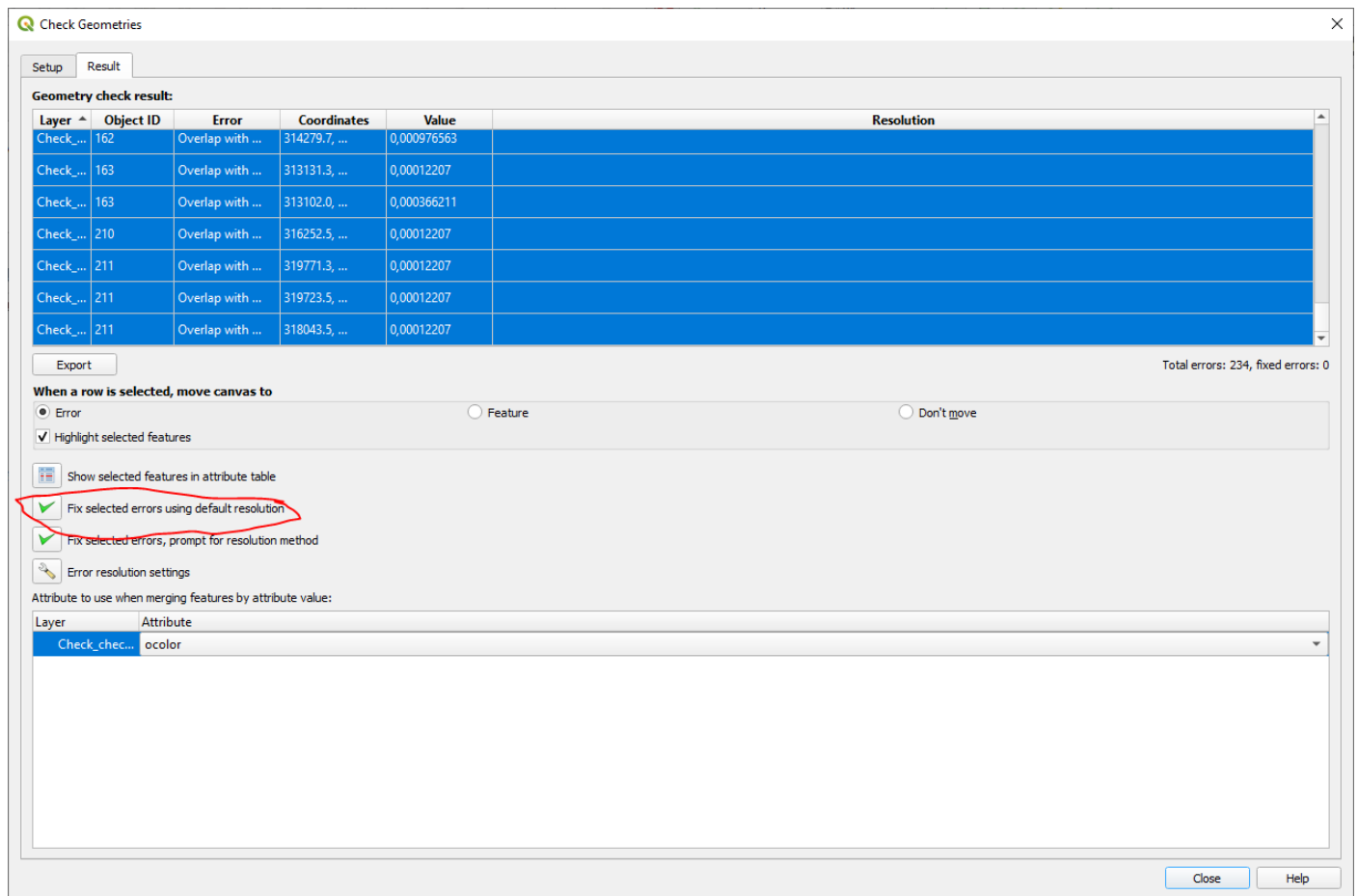
Close Help

Kuva 61. Check Geometries tarkistuksen parametrit.

3. Tarkistetaan tulos. *Check geometries* luo uuden tason, johon korjaukset tulevat. Maalataan kaikki virheet, ja valitaan alavalikosta attribuutiksi kaavan käyttötarkoitusta vastaava ominaisuustieto.

Attribute to use when merging features by attribute value -> kaavan käyttötarkoitusta vastaava tieto

-> *Fix selected errors using default resolution.*



Kuva 62. *Check geometries* korjauksen parametrit.

Useimmat virheet korjaantuvat työkalulla, mutta todennäköisesti virheitä jää aineistoon. Tulosta kannattaa verrata alkuperäiseen topografisesti rikkinäiseen tasoon. Suuret virheet tulee korjata käsin digitoimalla, kun työkalua on käytetty. Kun aineisto on riittävän ehjää, siirrytään seuraavaan vaiheeseen.

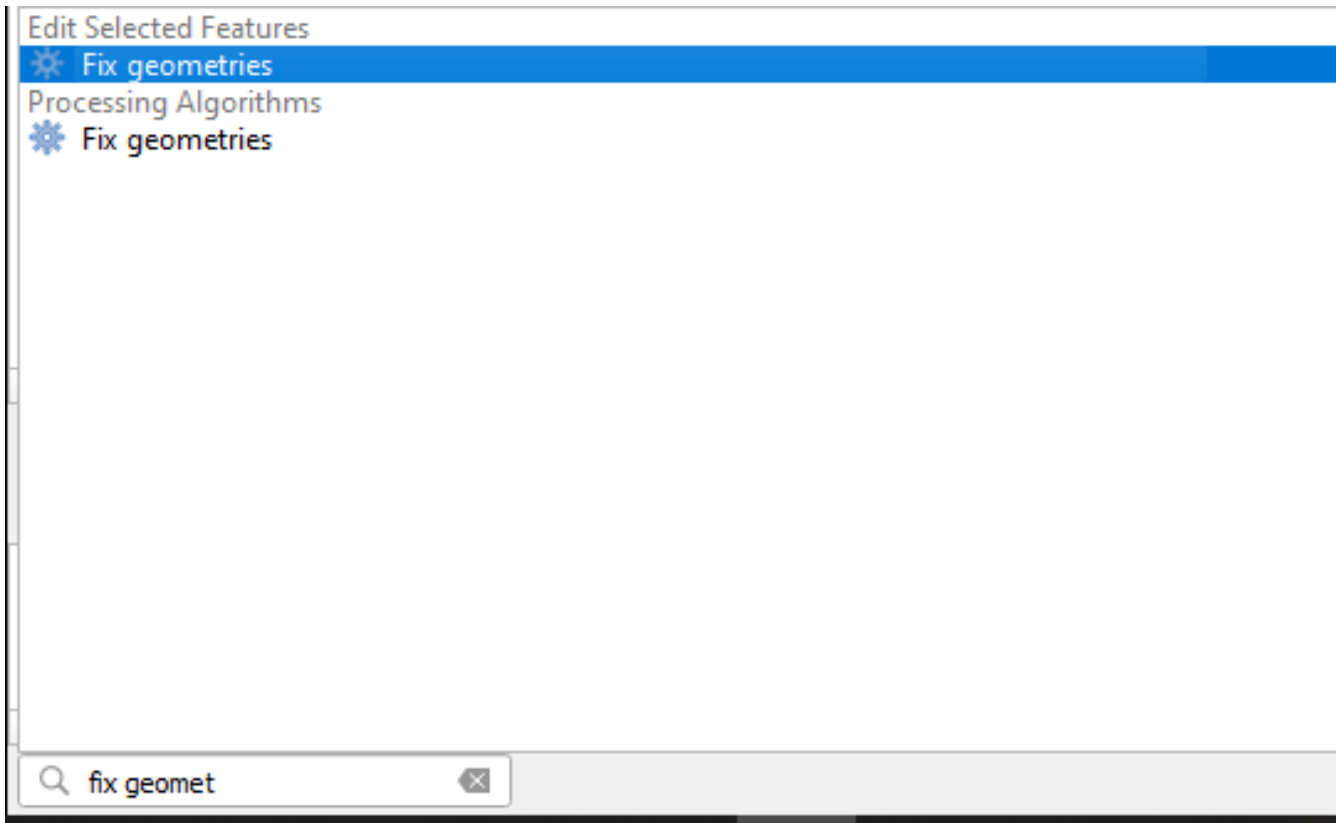
4. Tallennetaan topologisesti ehjä tiedosto. Avataan "Check" tason välilehti. *Export* -> *Save as*. Tallennetaan nimellä "korjaamaton\_maankäyttö" -> *Ok*.

5. Ajetaan *fix geometries* samalle tasolle hakuikkunan kautta. -> **Fix geometries**

(edit selected features)

6. Tarkistetaan ID. Uniikki tunniste ei saa sisältää "autogenerate" arvoja. Muutetaan arvot käsin, tai viedään uudeksi tiedostoksi ilman "fid" arvoa.





### Maankäyttöluokittelu

Maankäyttöluokittelun voi tehdä joko QGIS:sa tai taulukointiohjelmassa. WSSP:sa maankäyttöluokka on jaettu yhteensä 12 eri maankäyttömuotoon. Maankäyttöluokan tarkemmat määritelmät sekä selitteet löytyvät WSSP tietokannasta. Maankäyttömuotoja ovat:

*Keskustatoimintojen alueet*

*Työ- ja teollisuusalueet*

*Palvelualueet*

*Kenttäalueet*

*Liikennealueet*

*Väljät asuinalueet*

*Tiiviit asuinalueet*

*Maatalousalueet*

*Avoimet viheralueet*

*Metsäalueet*

*Vesialueet*

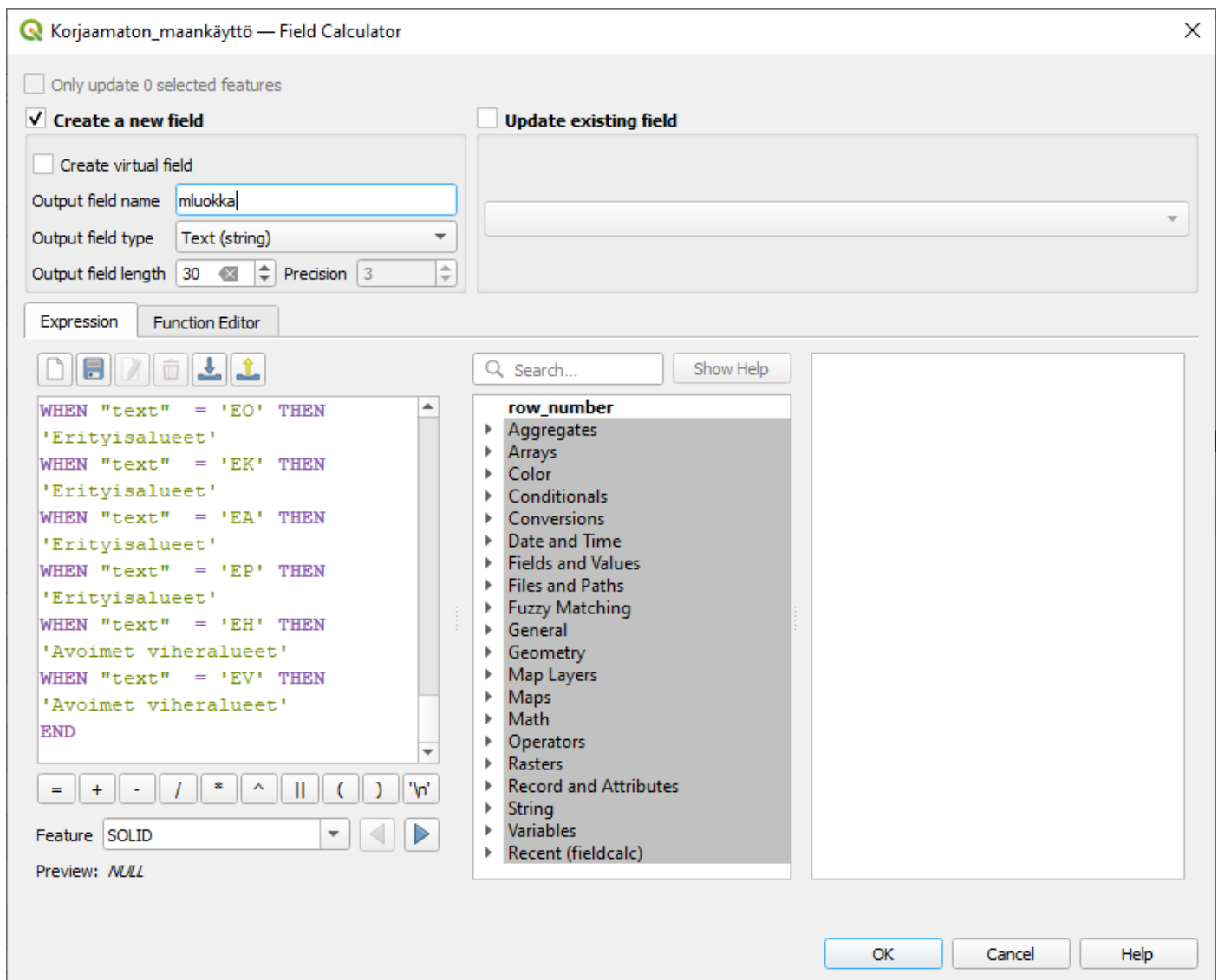
*Erityisalueet*

## Maankäyttöluokittelu QGIS:n avulla

1. Avataan kenttälaskin ja luodaan uusi ominaisuustieto ”korjaamattomalle maankäytölle”. Avataan ”korjaamaton\_maankäyttö” välilehti ja valitaan *Open attribute table* -> *Edit* -> *field calculator*.

2. Valitaan uuden kentän parametrit:

- *Create a new field* ->
- *Output field name* -> mluokka
- *Output field type* -> Text
- *Length* -> 30



Kuva 63. Kenttälaskin ja maankäyttöluokittelun parametrit.

3. Tuotetaan kaavan käyttötarkoitusta vastaavasta ominaisuustiedosta lausekkeen avulla WSSP maankäyttöluokat. Muokkaamalla seuraavaa lauseketta päästään tavoiteltuun tulokseen:

CASE

```

WHEN "kaavan käyttötarkoitusta vastaava kenttä" = 'kaavan käyttötarkoitusta vastaava ominaisuustieto'
THEN 'WSSP maankäyttömuoto'
    
```

END

---

Lausekkeen keltaiset osat ovat muokattavia kohtia. CASE aloittaa ja END lopettaa lausekkeen.

**Esimerkki lausekkeesta jossa "text" on kaavan käyttötarkoitusta vastaava sarake, jolloin lyhenteen avulla saadaan luotua maankäyttöluokat:**

---

CASE

WHEN "text" = 'AK' THEN 'Tiiviit asuinalueet'

WHEN "text" = 'AP' THEN 'Väljät asuinalueet'

WHEN "text" = 'AT' THEN 'Väljät asuinalueet'

WHEN "text" = 'C' THEN 'Keskustatoimintojen alueet'

WHEN "text" = 'KM' THEN 'Työ- ja teollisuusalueet'

WHEN "text" = 'P' THEN 'Palvelualueet'

WHEN "text" = 'V' THEN 'Avoimet viheralueet'

WHEN "text" = 'W' THEN 'Vesialueet'

WHEN "text" = 'PY' THEN 'Palvelualueet'

WHEN "text" = 'PL' THEN 'Palvelualueet'

WHEN "text" = 'TP' THEN 'Työ- ja teollisuusalueet'

WHEN "text" = 'T' THEN 'Työ- ja teollisuusalueet'

WHEN "text" = 'TT' THEN 'Työ- ja teollisuusalueet'

WHEN "text" = 'TV' THEN 'Työ- ja teollisuusalueet'

WHEN "text" = 'TY' THEN 'Työ- ja teollisuusalueet'

WHEN "text" = 'T/kem' THEN 'Erityisalueet'

WHEN "text" = 'VL' THEN 'Avoimet viheralueet'

WHEN "text" = 'VU' THEN 'Avoimet viheralueet'

WHEN "text" = 'VL' THEN 'Metsäalueet'

WHEN "text" = 'R' THEN 'Avoimet viheralueet'

WHEN "text" = 'RA' THEN 'Avoimet viheralueet'

WHEN "text" = 'RM' THEN 'Avoimet viheralueet'

WHEN "text" = 'RL' THEN 'Avoimet viheralueet'

WHEN "text" = 'RV' THEN 'Avoimet viheralueet'

WHEN "text" = 'RP' THEN 'Maatalousalueet'

WHEN "text" = 'L' THEN 'Liikennealueet'

WHEN "text" = 'LT' THEN 'Liikennealueet'

WHEN "text" = 'LHA' THEN 'Liikennealueet'

WHEN "text" = 'LTA' THEN 'Liikennealueet'

WHEN "text" = 'L' THEN 'Liikennealueet'

WHEN "text" = 'LH' THEN 'Palvelualueet'

WHEN "text" = 'LR' THEN 'Liikennealueet'

WHEN "text" = 'LL' THEN 'Erityisalueet'

WHEN "text" = 'E' THEN 'Erityisalueet'  
WHEN "text" = 'LS' THEN 'Erityisalueet'  
WHEN "text" = 'ET' THEN 'Avoimet viheralueet'  
WHEN "text" = 'EN' THEN 'Erityisalueet'  
WHEN "text" = 'EJ' THEN 'Erityisalueet'  
WHEN "text" = 'EO' THEN 'Erityisalueet'  
WHEN "text" = 'EK' THEN 'Erityisalueet'  
WHEN "text" = 'EA' THEN 'Erityisalueet'  
WHEN "text" = 'EP' THEN 'Erityisalueet'  
WHEN "text" = 'EH' THEN 'Avoimet viheralueet'  
WHEN "text" = 'EV' THEN 'Avoimet viheralueet'  
WHEN "text" = 'S' THEN 'Tarkistettava'  
WHEN "text" = 'SL' THEN 'Tarkistettava'  
WHEN "text" = 'SM' THEN 'Tarkistettava'  
WHEN "text" = 'SR' THEN 'Tarkistettava'  
WHEN "text" = 'SRS' THEN 'Tarkistettava'  
WHEN "text" = 'M' THEN 'Tarkistettava'  
WHEN "text" = 'MT' THEN 'Maatalousalueet'  
WHEN "text" = 'ME' THEN 'Maatalousalueet'  
WHEN "text" = 'MA' THEN 'Maatalousalueet'  
WHEN "text" = 'MY' THEN 'Tarkistettava'  
WHEN "text" = 'MU' THEN 'Tarkistettava'  
WHEN "text" = 'W' THEN 'Tarkistettava'  
WHEN "text" = 'AK/s' THEN 'Tiiviit asuinalueet'  
WHEN "text" = 'AP/s' THEN 'Väljät asuinalueet'  
WHEN "text" = 'AT/s' THEN 'Väljät asuinalueet'  
WHEN "text" = 'C/s' THEN 'Keskustatoimintojen alueet'  
WHEN "text" = 'KM/s' THEN 'Työ- ja teollisuusalueet'  
WHEN "text" = 'P/s' THEN 'Palvelualueet'  
WHEN "text" = 'V/s' THEN 'Avoimet viheralueet'  
WHEN "text" = 'W/s' THEN 'Vesialueet'  
WHEN "text" = 'PY/s' THEN 'Palvelualueet'  
WHEN "text" = 'PL/s' THEN 'Palvelualueet'  
WHEN "text" = 'TP/s' THEN 'Työ- ja teollisuusalueet'  
WHEN "text" = 'T/s' THEN 'Työ- ja teollisuusalueet'  
WHEN "text" = 'TT/s' THEN 'Työ- ja teollisuusalueet'  
WHEN "text" = 'TV/s' THEN 'Työ- ja teollisuusalueet'  
WHEN "text" = 'TY/s' THEN 'Työ- ja teollisuusalueet'  
WHEN "text" = 'T/kem/s' THEN 'Erityisalueet'

WHEN "text" = 'VL/s' THEN 'Avoimet viheralueet'  
WHEN "text" = 'VU/s' THEN 'Avoimet viheralueet'  
WHEN "text" = 'VL/s' THEN 'Metsäalueet'  
WHEN "text" = 'R/s' THEN 'Avoimet viheralueet'  
WHEN "text" = 'RA/s' THEN 'Avoimet viheralueet'  
WHEN "text" = 'RM/s' THEN 'Avoimet viheralueet'  
WHEN "text" = 'RL/s' THEN 'Avoimet viheralueet'  
WHEN "text" = 'RV/s' THEN 'Avoimet viheralueet'  
WHEN "text" = 'RP/s' THEN 'Maatalousalueet'  
WHEN "text" = 'L' THEN 'Liikennealueet'  
WHEN "text" = 'LT/s' THEN 'Liikennealueet'  
WHEN "text" = 'LHA/s' THEN 'Liikennealueet'  
WHEN "text" = 'LTA/s' THEN 'Liikennealueet'  
WHEN "text" = 'L/s' THEN 'Liikennealueet'  
WHEN "text" = 'LH/s' THEN 'Palvelualueet'  
WHEN "text" = 'LR/s' THEN 'Liikennealueet'  
WHEN "text" = 'LL/s' THEN 'Erityisalueet'  
WHEN "text" = 'E/s' THEN 'Erityisalueet'  
WHEN "text" = 'LS/s' THEN 'Erityisalueet'  
WHEN "text" = 'ET/s' THEN 'Avoimet viheralueet'  
WHEN "text" = 'EN/s' THEN 'Erityisalueet'  
WHEN "text" = 'EJ/s' THEN 'Erityisalueet'  
WHEN "text" = 'EO/s' THEN 'Erityisalueet'  
WHEN "text" = 'EK/s' THEN 'Erityisalueet'  
WHEN "text" = 'EA/s' THEN 'Erityisalueet'  
WHEN "text" = 'EP/s' THEN 'Erityisalueet'  
WHEN "text" = 'EH/s' THEN 'Avoimet viheralueet'  
WHEN "text" = 'EV/s' THEN 'Avoimet viheralueet'  
WHEN "text" = 'S/s' THEN 'Tarkistettava'  
WHEN "text" = 'SL/s' THEN 'Tarkistettava'  
WHEN "text" = 'SM/s' THEN 'Tarkistettava'  
WHEN "text" = 'SR/s' THEN 'Tarkistettava'  
WHEN "text" = 'SRS/s' THEN 'Tarkistettava'  
WHEN "text" = 'M/s' THEN 'Tarkistettava'  
WHEN "text" = 'MT/s' THEN 'Maatalousalueet'  
WHEN "text" = 'ME/s' THEN 'Maatalousalueet'  
WHEN "text" = 'MA/s' THEN 'Maatalousalueet'  
WHEN "text" = 'MY/s' THEN 'Tarkistettava'  
WHEN "text" = 'MU/s' THEN 'Tarkistettava'

END

---

Ylempi lauseke voidaan kopioida suoraan laskentaikkunaan. Lausekkeen arvo ”*tarkastettava*” on väliaikainen arvo, sillä kaavan käyttötarkoituksesta ei saada suoraan WSSP-maankäyttömuotoa. Esimerkiksi kaavamerkintä ”M” eli maa- ja metsätalousvaltainen alue, voi olla WSSP-luokituksessa joko ”*Metsäalueet*”, tai ”*Maatalousalueet*”.

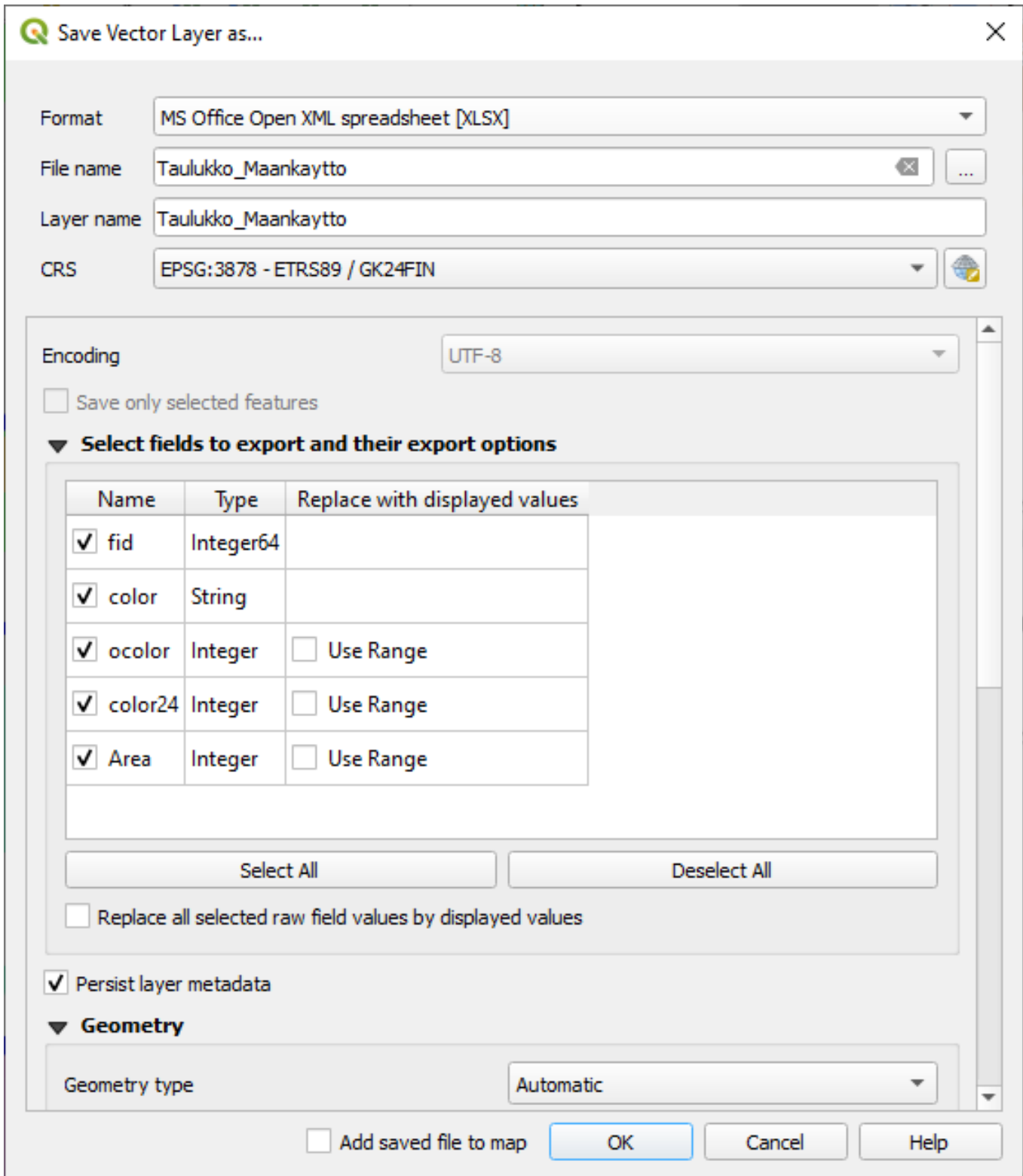
-> Ok

3. Tarkistetaan tulos. Mikäli tyhjiä arvoja (*Null*) löytyy, on lauseketta tai attribuuttitaulukkoa käsin muokattava vastamaan WSSP-maankäyttömuotoja.

[Maankäyttöluokittelu taulukointiohjelman avulla](#)

**Tämä kohta ohitetaan, mikäli luokittelu tehtiin aiempien ohjeiden mukaan QGIS:sa.** Pilotoinnissa hyödynnettiin MS-Excel taulukointiohjelmalla. Maankäyttöluokittelun voi tehdä myös muulla taulukointiohjelmalla. Luokittelun voi toteuttaa joko QGIS:sa, tai vaihtoehtoisesti missä tahansa CSV:ta tukevassa taulukointiohjelmassa.

1. Muunnetaan vektoritiedosto taulukointiohjelmassa luettavaan muotoon. Avataan tason välilehti ja valitaan *Export -> Save as*. Valitaan tallenteen ominaisuudet. Format Ms Office XML Spreadsheet [XLSX] tai Comma separated Value [CSV]



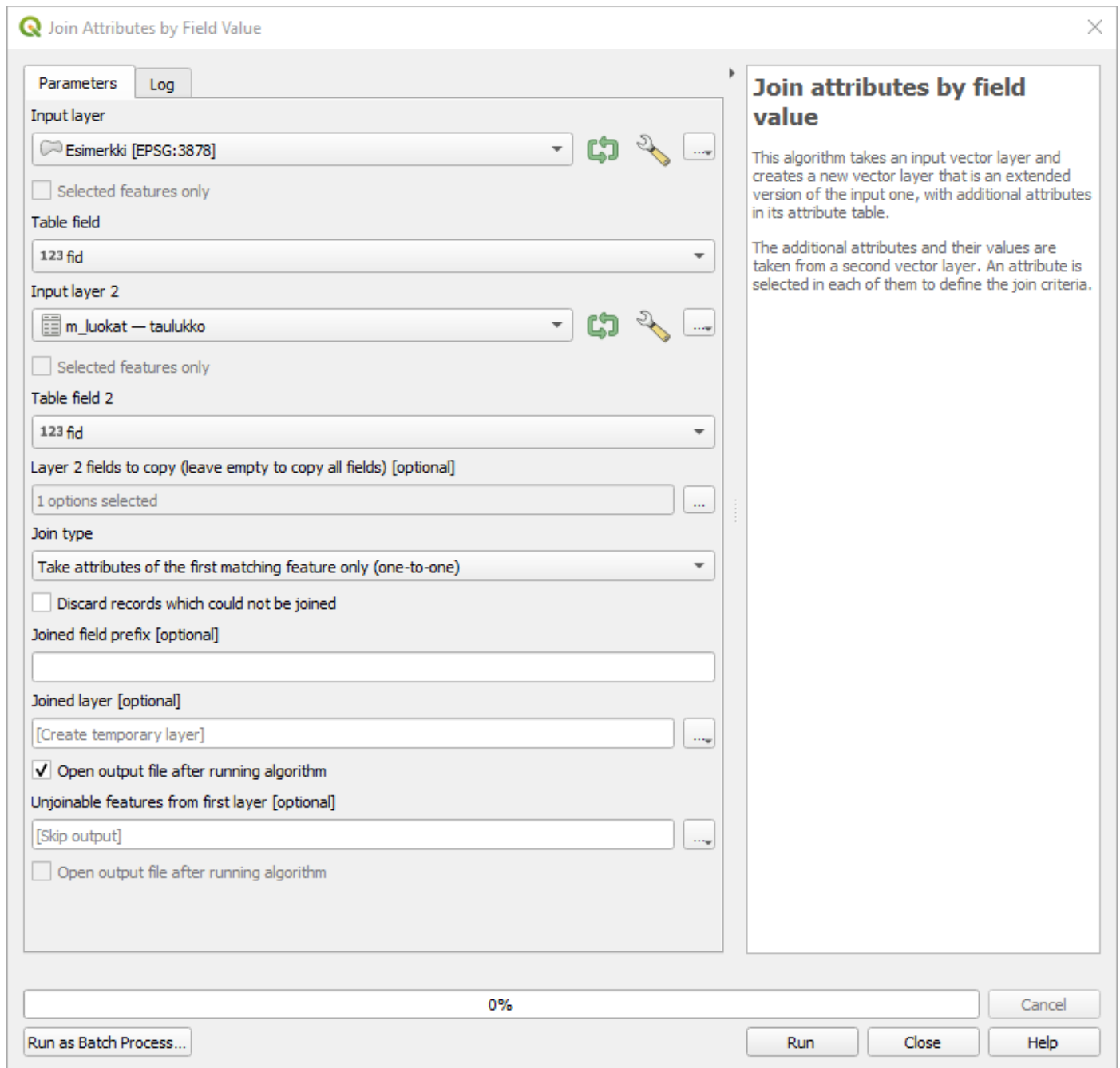
Kuva 64. Vektorin muuntaminen taulukoksi.

- Selkokielistetään luokat taulukointiohjelmassa. Mitään arvoja ei saa poistaa. Luodaan maankäyttöluokille oma nimetty sarake "mluokka" johon kirjataan WSSP-maankäyttöluokat.
- Kun maankäyttöluokittelu on tehty, taulukko suljetaan ja tiputetaan työtilaan.
- Liitetään taulukko ja *korjaamaton\_maankaytto* yhteen uniikin tunnisteiden avulla. (Tyypillisesti "ID" tai "fid" ) *Processing -> Toolbox -> Vector general -> Join attributes by field value.*

## 6. Valitaan attribuuttien liittämisen parametrit:

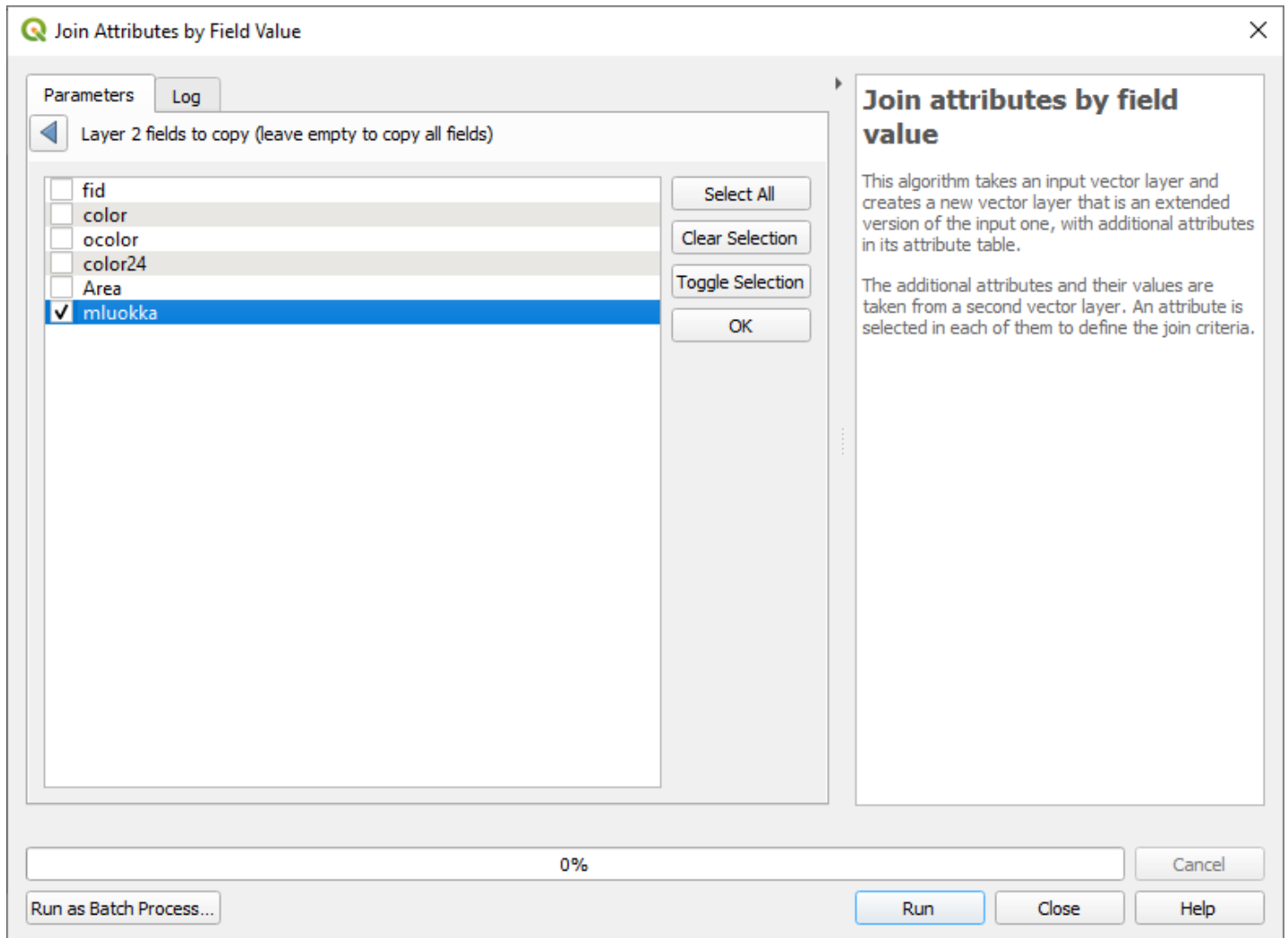
- *Input layer* -> "korjaamaton\_maankäyttö"
- *Table field* -> Fid. (uniikki tunniste)
- *Input layer 2* -> *Maankäyttöluokiteltu taulukko*
- *Table field 2* -> Fid. (uniikki tunniste)
- *Layer 2 fields to copy* -> "mluokka" -> ok.
- Tallennetaan tunnistettavalla nimellä.

-> *Run.*



Kuva 65. Taulukon ja vektorin yhteen liittäminen uniikin tunnisteiden avulla.





Kuva 66. Liitettävät kentät. Ainoastaan maankäyttöä edustava " mluokka" tarvitaan taulukosta.

7. Tarkistetaan tulos. . Mikäli tyhjiä arvoja (*Null*) löytyy, ne on täytettävä.

### Täydentäminen Maanmittauslaitoksen aineistoilla

Jotta maankäytöstä saadaan nykytilaa edustava, on sitä täydennettävä.

1. Tarvittavat osat haetaan [MML-karttapalvelusta](#). Näitä kohteita ovat muun muassa: Niitty (32800), Puisto (32900), Urheilu- ja virkistysalue (33100), Virtavesialue (36313) 32400, Pelto (32611) Puutarha (32612), Allas (44300) Merivesi (36211) ja Järvivesi (36212). **Maastotietokannan kohteet muutetaan myöhemmin vastaamaan WSSP-maankäyttöluokittelua.**

2. Tiputetaan aineisto työtilaan. Leikataan aineisto ja toteutetaan prosessi osissa. *Processing-> Processing toolbox-> Vector overlay-> Clip -> Execute as Batch process* **Ennen leikkausta, on tarkistettava, että geometriat on korjattu tasolle (fix geometries, sille tasolle jolla leikataan) ja että koordinaattijärjestelmät ovat kaikilla tasoilla samat.**

3. Valitaan leikkauksen parametrit

- *Input layers* -> Maastotietokannan kohteet
- *Overlay layer* -> "korjaamaton\_maankäyttö"

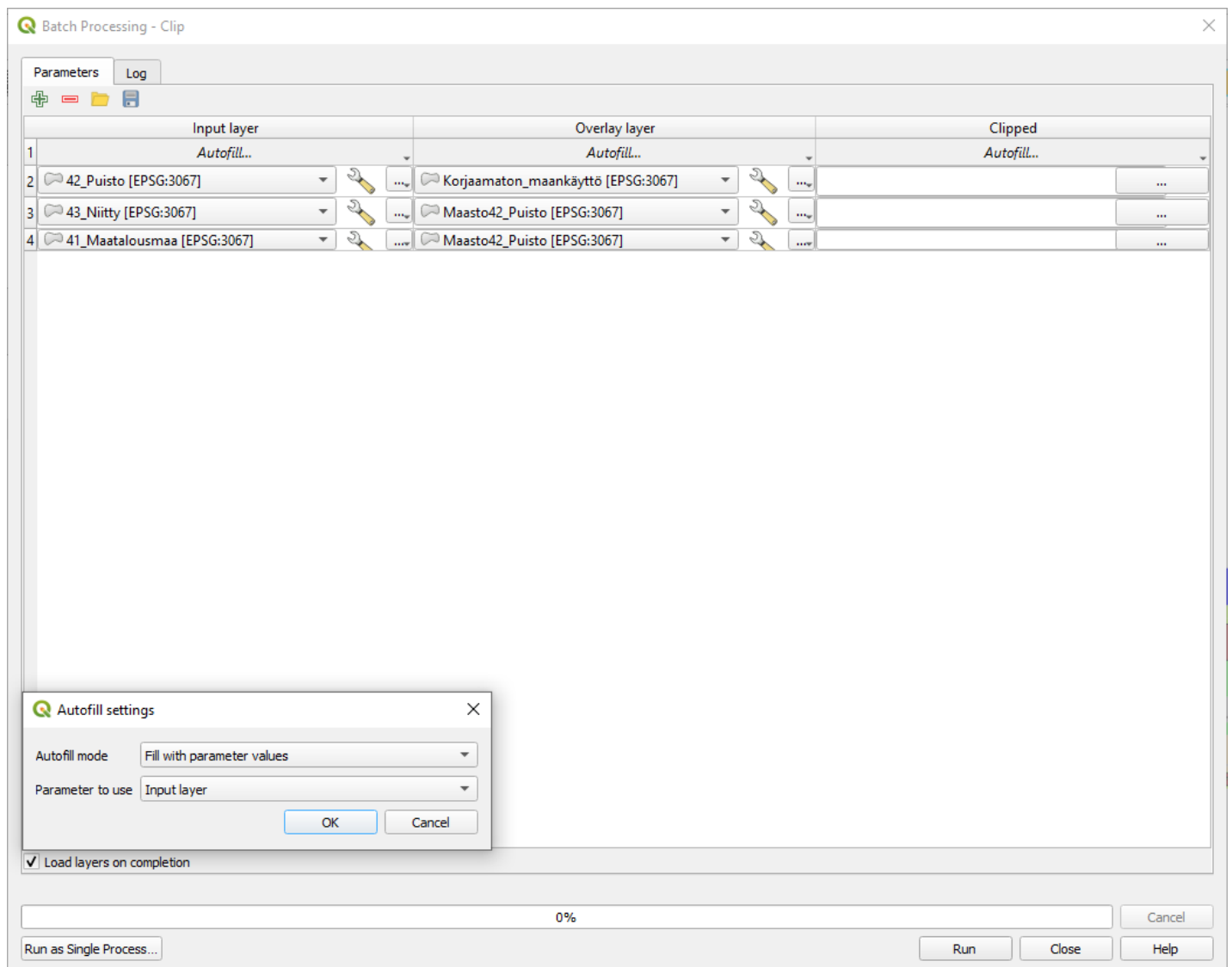
- *Clipped -> Painetaan kolmea pistettä ja etsitään tallennuspaikka -> Voidaan kirjoittaa etuliite tiedostonimeen (esim. kunta "OULU\_", KUUSAMO\_") -> Autofill mode-> Fill with parameter values -> Parameter to use -> Input layer -> Ok*
- *Load layers on completion ->*

-> Run.

File name:

Save as type:

Kuva 67. Lisäämällä etuliitteen, tiedostonimet ovat helpommin erotettavissa.

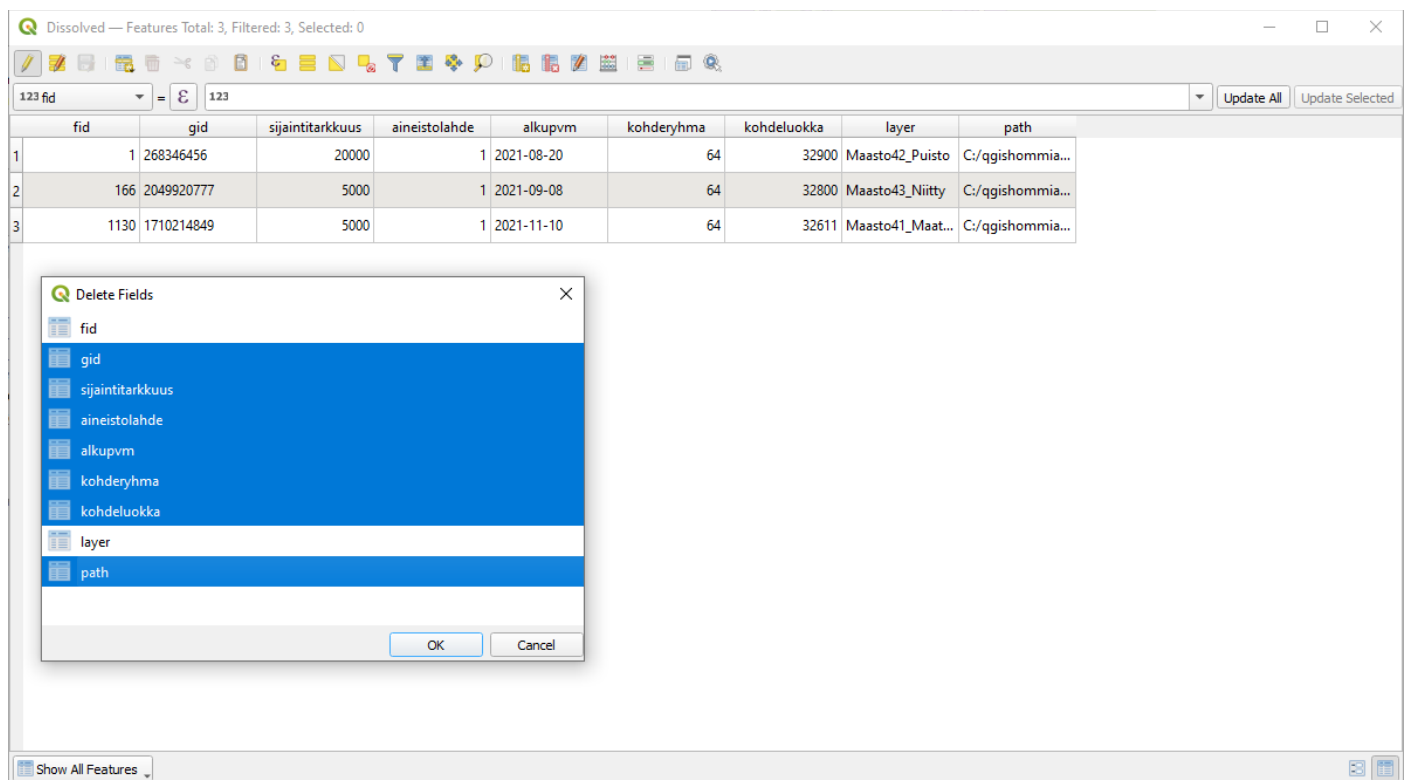


Kuva 68. Maastotietokannan leikkaaminen erissä.

4. Yhdistetään kaikki leikatut maastotietokannan kohteet. *Processing-> Processing toolbox -> Vector General -> Merge vector layers*

- Tallennetaan väliaikaisena.

5. Lasketaan maastotietokannan kohteiden pinta-alat liian pienten kohteiden poistoa varten. Avataan juuri äsken luodun "merged" tason välilehti -> *Calculate geometry*
  6. Poistetaan kaikki alle 0,5 HA kohteet. Avataan tason attribuuttitaulukko ja kytketään muokkaus päälle. Järjestetään "area" -sarake alimmasta suurimpaan. Maalataan kaikki alle 5000 m<sup>2</sup> kohteet ja poistetaan ne.
  7. Poistetaan kaikki alle 0,5 HA reiät. *Processing-> Processing toolbox-> Vector-geometry -> Delete holes -> Remove holes less than -> 5000.*
  8. Sulatetaan maastotietokannan kohteet. Processing toolbox -> Vector Geometry -> **Dissolve**
  9. Valitaan sulatuksen parametrit
    - *Dissolve Fields [optional]* -> Layer
    - Tallennetaan väliaikaisena,
- > *Run.*
10. Poistetaan turhat attribuutit. Tarpeellisia tasoja on vain alkuperäistä kohteen käyttötarkoitusta ilmaiseva tieto (layer) ja uniikki tunniste. (FID, tai ID). Avataan tason välilehti. *Attribute table -> Delete fields*



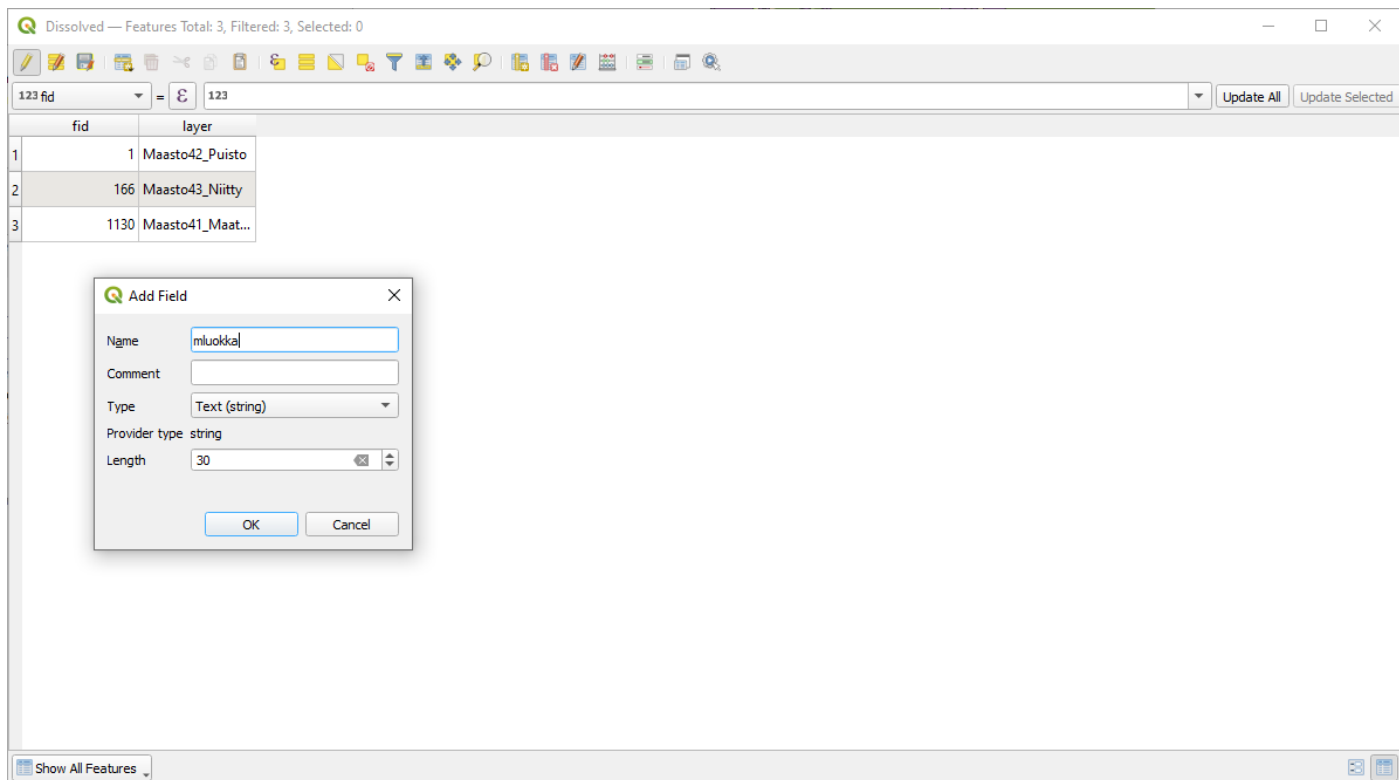
Kuva 69. Turhien kenttien poisto.

10. Luodaan "mluokka" -maankäyttöä kuvaava attribuutti. -> Add field

Valitaan uuden kentän parametrit:

- *Name* -> mluokka
- *Type* -> Text
- *Lenght* -> 30

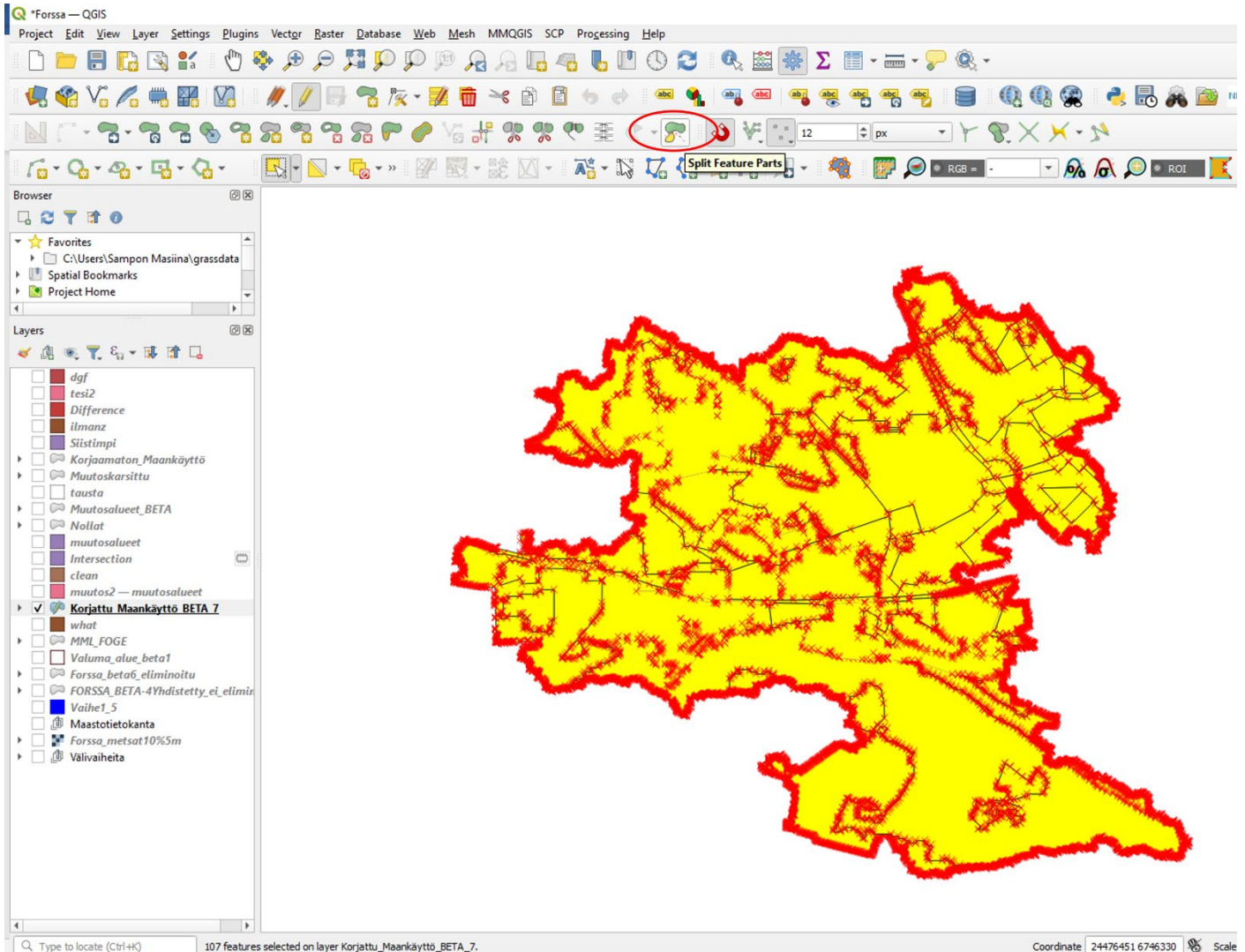
-> *Ok.*



Kuva 70. Kentän luominen

11. Annetaan maastotietokannan kohteille WSSP-luokitus ”mluokka” sarakkeelle. Apuna voi käyttää WSSP-tietokantaa.

12. Rikotaan työstettävä taso *dissolved* yksiosaiseksi- *multipart split* liitännäisen avulla. Työkalu löytyy asennuksen jälkeen digitointityökaluriviltä. Kytetään muokkaus päälle ja valitaan työkaluriviltä: *Split feature parts*



Kuva 71. Taso maalataan, editointi kytetään päälle ja kohteet rikotaan liitännäisen avulla.

13. Viedään taso pysyväksi. Avataan tason välilehti. *Export -> Save as -> Select Fields to export and their export options -> "Fid" -kenttää ei viedä*. Tallennetaan nimellä "*maastotietokannan\_kohteet*"

## Täydentäminen Luonnonvarakeskuksen aineistoilla

Metsäköyhällä tai urbaanilla alueella ei metsäaineistoa välttämättä tarvitse hyödyntää.

1. [Ladataan karttalehdittäin metsä-aineistot LUKE latauspalvelusta](#). Lähtöaineistona metsien määrittämisessä toimii ”*Puuston latvuspeittävyys koko puusto 2019*” ja ”*Puuston keskipituus 2019 (dm)*”  
**Uusinta aineistoa suositetaan. Mikäli alueelta ei ole aineistoa saatavilla, on luotettava aiempien vuosien aineistoihin.**

2. Puretaan aineistot ja tiputetaan ne työtilaan. Mikäli alue on useamman karttalehden alueella, on aineisto yhdistettävä. Toistetaan prosessi tarvittaessa molemmille lähtöaineistoille, puuston keskipituudelle ja -latvuspeitteisyydelle. *Processing-> Processing toolbox -> GDAL->Raster Miscellaneous-> Merge*

3. Leikataan rasteri aineistot. Toistetaan prosessi molemmille lähtöaineistoille, puuston keskipituudelle ja -latvuspeitteisyydelle. *Raster->Extraction -> Clip raster by Mask layer*

- *Input layer -> Puuston latvuspeittävyys koko puusto 2019* ja *Puuston keskipituus 2019 (dm)*
- *Mask layer -> ”korjaamaton\_maankäyttö*”
- *match extent of the clipped raster to the extent of the mask layer ->*
- Tallennetaan tasot nimillä *”peitto*” ja *”pituus*”

4. Luokitellaan *peitto* uudelleen. *Processing -> GRASS -> Raster(r\*) ->r.reclass*

5. Valitaan luokittelun parametrit:

- *Input raster layer -> ”Peitto*”
- Kirjataan uudelleenluokittelun säännöt. Tarkoituksena on luokitella alle 10 % peittävyiden omaavat alueet nollassi ja yli 10 % omaavan arvon yhdeksi.

Sääntö on:

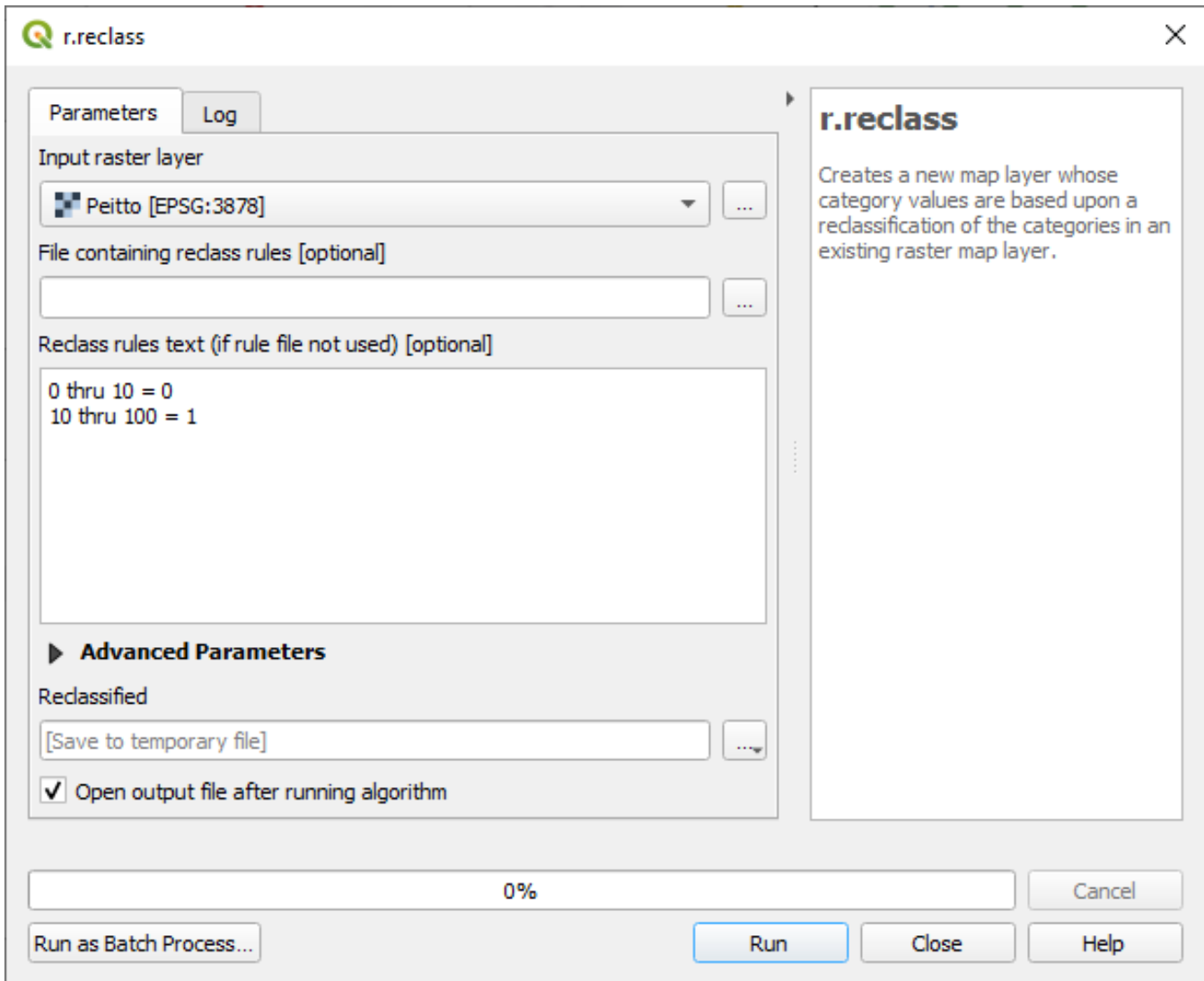
---

0 thru 10 = 0

10 thru 100 = 1

---

-> *Run*.



Kuva 72. Metsän peitteisyyden uudelleenluokittelu.

6. Toistetaan uudelleenluokittelun prosessi ”pituus” rasterille. Valitaan määrittelyökalu. *Processing* -> *GRASS* -> *Raster(r\*)* -> *r.reclass*

7. Valitaan uudelleen luokittelun parametrit:

- *Input raster layer* -> ”pituus”
- Kirjataan uudelleenluokittelun säännöt. Tarkoituksena on luokitella alle 5 metriä korkeat alueet nollassi ja yli 5 metriä korkeat alueet yhdeksi. (Lähtöaineisto on desimetreinä)

Sääntö on:

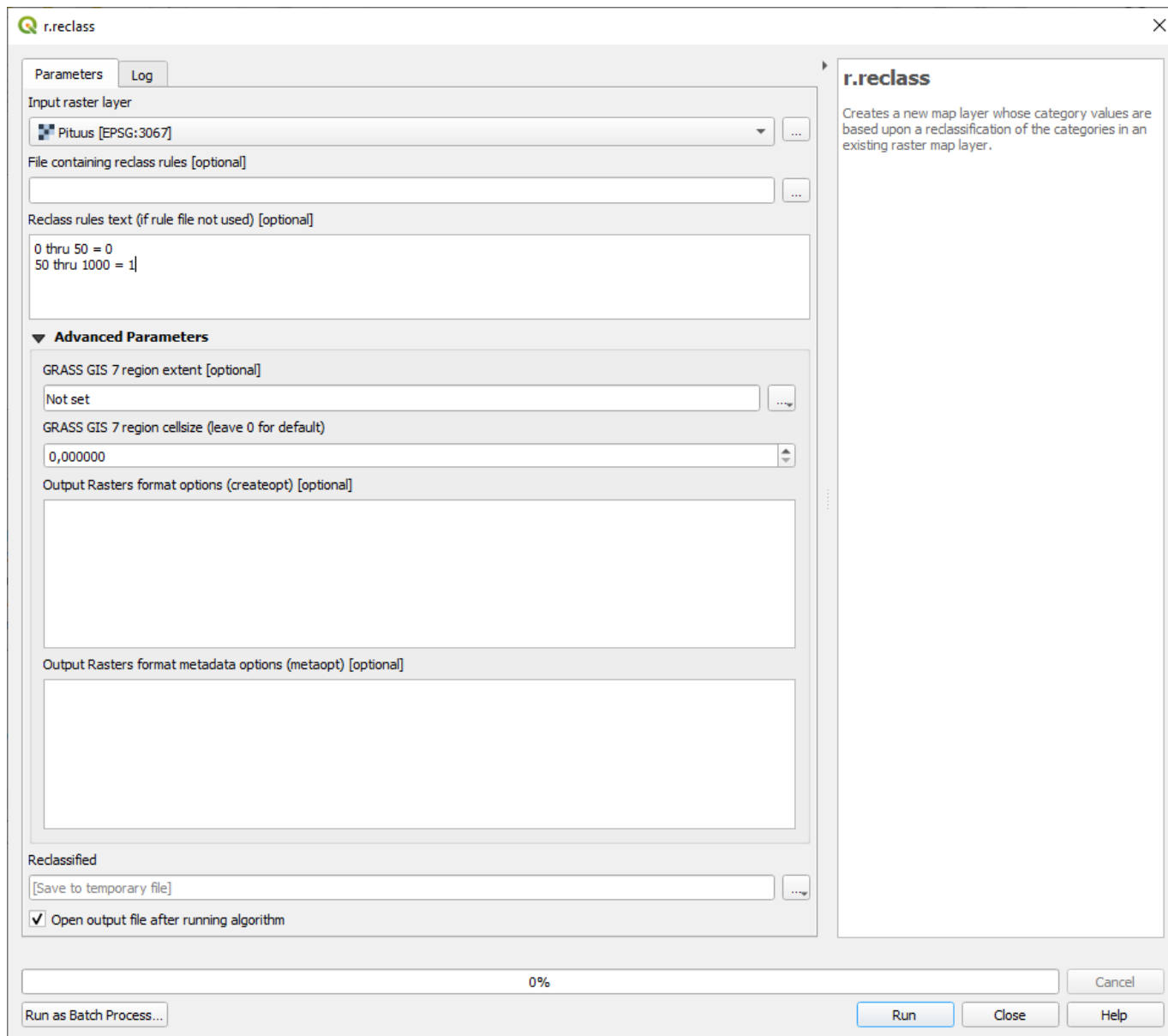
---

0 thru 50 = 0

50 thru 1000 = 1

---

-> *Run*.



Kuva 73. Pituuden uudelleen luokittelun säännöt.



10. Lasketaan "peitto" ja "pituus" yhteen, jotta voidaan muodostaa metsät. Raster-> *Raster Calculator*

- Laskentaikkunaan -> "reclassified"+"reclassified" (uudelleenluokitellut peitto ja pituus)
- *Output layer*-> Tallennetaan ja nimetään tunnistettavalla tavalla

-> Ok.

**Raster Calculator**

**Raster Bands**

- Peitto@1
- Pituus@1
- keskipituus\_vmi1x\_1519\_L4@1
- latvuspeitto\_vmi1x\_1519\_L4@1
- Reclassified@1
- Reclassified\_1@1

**Result Layer**

Create on-the-fly raster instead of writing layer to disk

Output layer: etariskikartta\Forssa\_metsat10%5m

Output format: GeoTIFF

**Spatial Extent**

Use Selected Layer Extent

X min: 24474581,00396 X max: 24479878,08506

Y min: 6741386,51294 Y max: 6745753,62043

**Resolution**

Columns: 331 Rows: 273

Output CRS: EPSG:3878 - ETRS89 / GK24FIN

Add result to project

**Operators**

+	*	(	min	IF	cos	acos
-	/	)	max	AND	sin	asin
<	>	=	abs	OR	tan	atan
<=	>=	!=	^	sqrt	log10	ln

**Raster Calculator Expression**

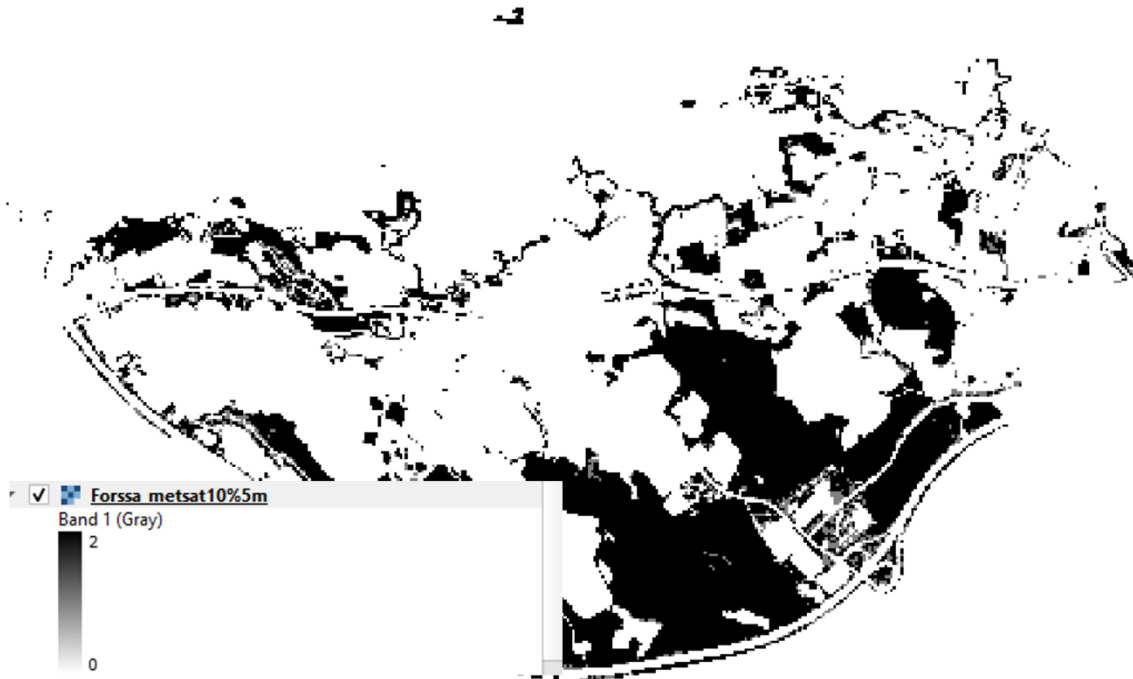
"Reclassified@1" + "Reclassified\_1@1"

Expression valid

OK Cancel Help

Kuva 74. Rasterilaskimen parametrit.

Kaikki arvon 2 ylittävät hilat voivat olla nyt metsiä, WSSP:n määritelmän mukaan. Kaikki alle 2 alittavat arvot eivät voi olla WSSP:n määritelmän mukaan metsiä.



Kuva 75. Tulos. Kaikki arvon 2 ylittävät hilat voivat olla nyt metsiä, WSSP:n määritelmän mukaan

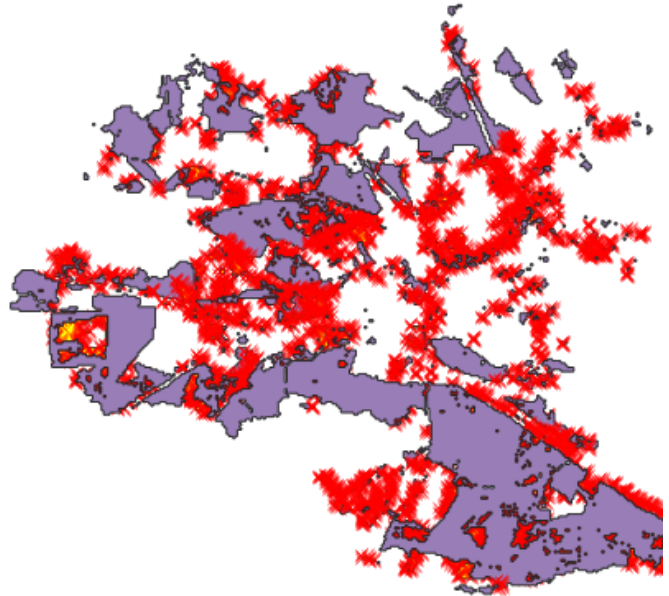
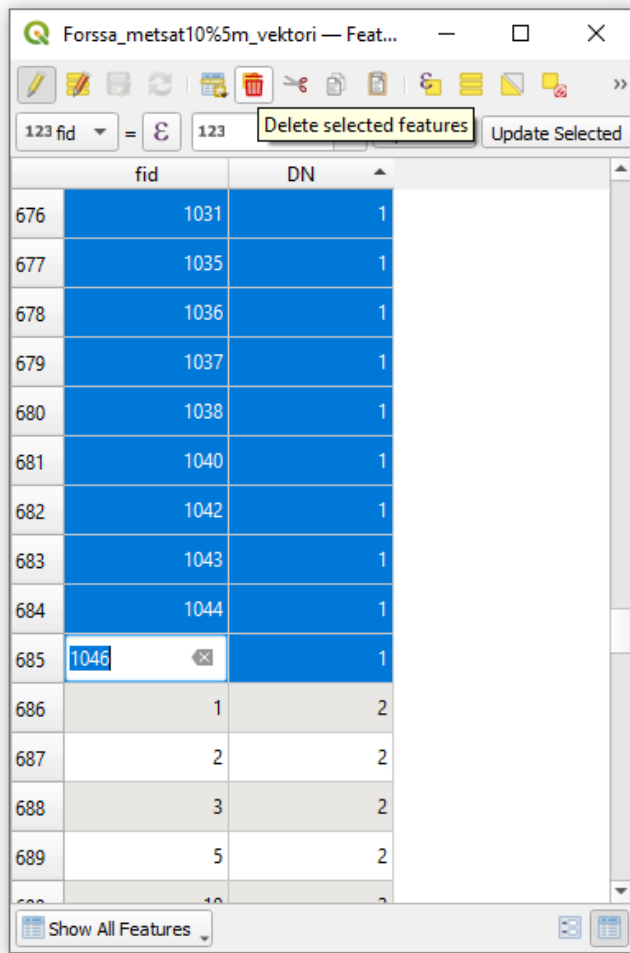
11. Muunnetaan aineisto rasterista vektoriksi. *Raster -> Conversion -> Polygonize (raster to vector)*

- Tallennetaan väliaikaisena

-> *Run.*

11b. Tarvittaessa leikataan vektorimuotoinen metsätaso tarkasteltavan alueen rajoilla (yleiskaavan rajoilla, tai valuma-alueen rajoilla) *Processing-> Processing toolbox-> Vector overlay-> Clip*

12. Avataan äsken luodun tason *Vectorized* attribuuttitaulukko ja kytketään muokkaus päälle. Järjestetään "DN"-kenttä alimmasta suurimpaan. Maalataan kaikki kahden alittavat arvot ja poistetaan ne.



Kuva 76. Parametrien alittavien arvojen poisto.

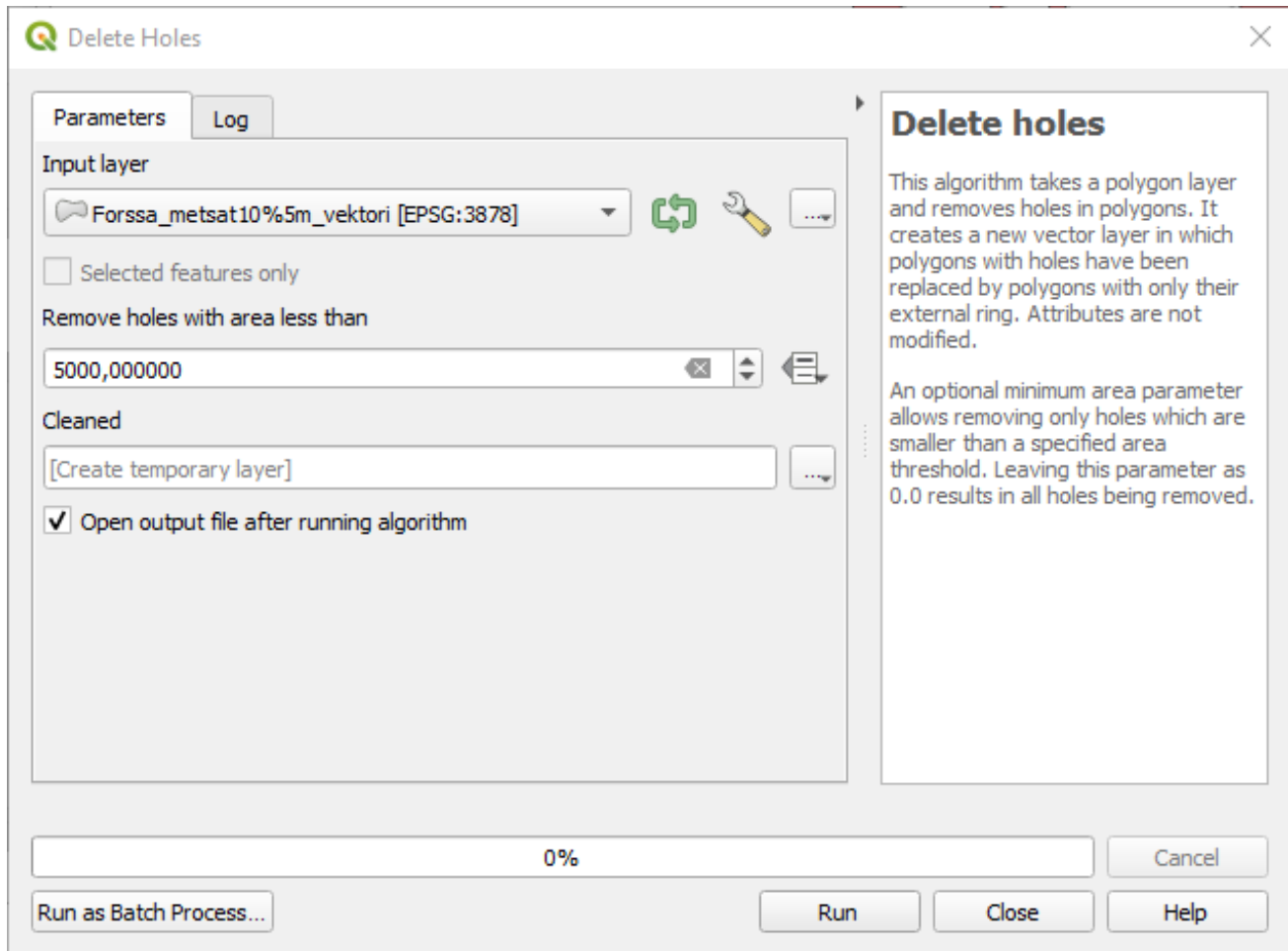
Kohteiden on muodostettava 20 metriä leveitä ja 5000 neliömetriä laajoja sekä yhtenäisiä kokonaisuuksia, jotta WSSP:n määritelmän mukaan ne olisivat metsäalueita.

13. Lasketaan alueiden pinta alat, ja poistetaan parametrien alle jäävät arvot. Avataan *vectorized* välilehti -> *calculate geometry*

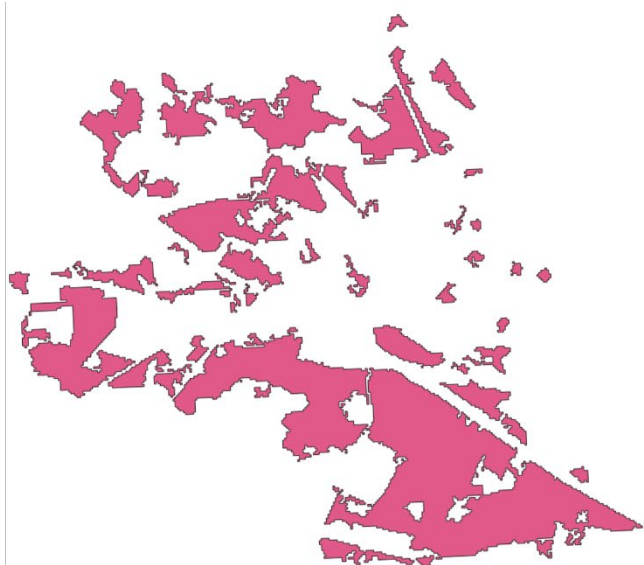
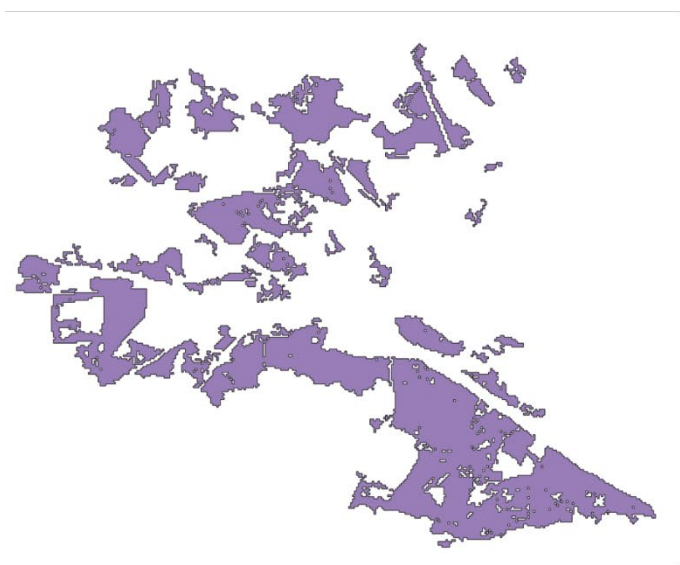
14. Poistetaan kaikki alle 0,5 HA kohteet. Avataan tason attribuuttitaulukko ja kytketään muokkaus päälle. Järjestetään "area" -sarake alimmasta suurimpaan. Maalataan kaikki alle 5000 arvot ja poistetaan ne.

15. Poistetaan kaikki alle 0,5 HA reiät. Maalataan koko taso ja kytketään editointi päälle. *Edit. Processing*-> *Processing toolbox*-> *Vector-geometry* -> *Delete holes* -> *Remove holes less than* -> 5000

-> *Run*.



Kuva 77. Metsäalueiden reikien poisto.



Kuva 78. Vasemmalla "reikäinen" metsätaso ja oikealla "reiätön" metsätaso. Vasemmalla on myös käytetty 20 % latvuspeitteisyyttä metsän määrittämiseksi.

16. Luodaan "mluokka" -maankäyttöä kuvaava attribuutti, äskettäin tuotetulle "cleaned" tasolle. -> Add field

Valitaan uuden kentän parametrit

- *Name* -> *m luokka*
- *Type* -> Text
- *Lenght* -> 30

-> *Ok*.

17. Annetaan WSSP-luokitus "m luokka" sarakkeelle. Kirjoitetaan riville -> *Metsäalueet*

18. Viedään taso pysyväksi. Avataan tason välilehti. *Export* -> *Save as*. Tallennetaan nimellä "*metsät*"

19. On suositeltavaa, että tulosta verrataan ilmakehuun. Erityistä huomiota vaativat korkeat sekä peitteiset rakenteet, kuten esimerkiksi voima-, sähkölinjat sekä jakeluasemat. Korjaaminen tehdään digitoimalla.



*Kuva 79. Metsätaso voimalaitoksen yläpuolella. Puuta muistuttavat rakenteet tuottavat vääristymiä.*

## Korjatun maankäytön luominen

Korjattu maankäyttö noudattaa seuraavaa hierarkiaa: maastotietokanta on tarkin, sitten metsätaso ja viimeisenä yleiskaava.

1. Etsitään metsien ja maastotietokannan erotus. *Processing*-> *Processing toolbox* -> *Vector overlay* -> *Difference*

2. Valitaan erotuksen parametrit

- *Input layer* -> "metsät"
- *Overlay layer* -> "maastotietokannan\_kohteet"

-> *Run*.

3. Yhdistetään vektorit erotus ja maastotietokannan\_kohteet. *Processing*-> *Processing toolbox* -> *Vector general* -> *Merge vector layers*

- *Input layers* -> *maastotietokannan\_kohteet* ja *difference*
- Tallennetaan väliaikaisena.

-> *Run*.

Avataan tason välilehti ja nimetään tulos uudelleen. *Rename* -> "maasto\_metsä"

4. Poistetaan tai nimetään uudelleen *difference* tunnistettavalla nimellä

5. Etsitään yleiskaavan (*korjaamaton\_maankäyttö*) ja täydentävän aineiston (*maasto\_metsä*) erot. *Processing*-> *Processing toolbox* -> *Vector overlay* -> *Difference*

6. Valitaan erotuksen parametrit

- *Input layer* -> *korjaamaton\_maankäyttö*
- *Overlay layer* -> *maasto\_metsä*

-> *Run*.

7. Yhdistetään. *Processing*-> *Processing toolbox* -> *Vector general* -> *Merge vector layers*

- *Input layers* -> *maasto\_metsä* ja *difference*
- Tallennetaan väliaikaisena.

-> *Run*.

Avataan tason välilehti ja nimetään tulos uudelleen. *Rename* -> "Lähes\_korjattu\_maankäyttö"

8. Sulatetaan "Lähes\_korjattu\_maankäyttö". *Processing* -> *Processing toolbox* -> *Vector Geometry* -> *Dissolve*

9. Valitaan sulatuksen parametrit:

- *Dissolve Fields [optional]* -> mluokka
- Tallennetaan väliaikaisena.

-> *Run*.

10. Tarkistetaan *dissolved* uniikki tunniste. Uniikin tunnisteiden puuttuessa, viedään taso pysyväksi ilman *fid* tai *ID* ominaisuustietoa. *Export -> Save as*. Rikotaan *dissolved* -taso yksiosaiseksi *multipart split* liitännäisen avulla. Työkalu löytyy asennuksen jälkeen digitointityökaluriviltä. -> *Split feature parts*.

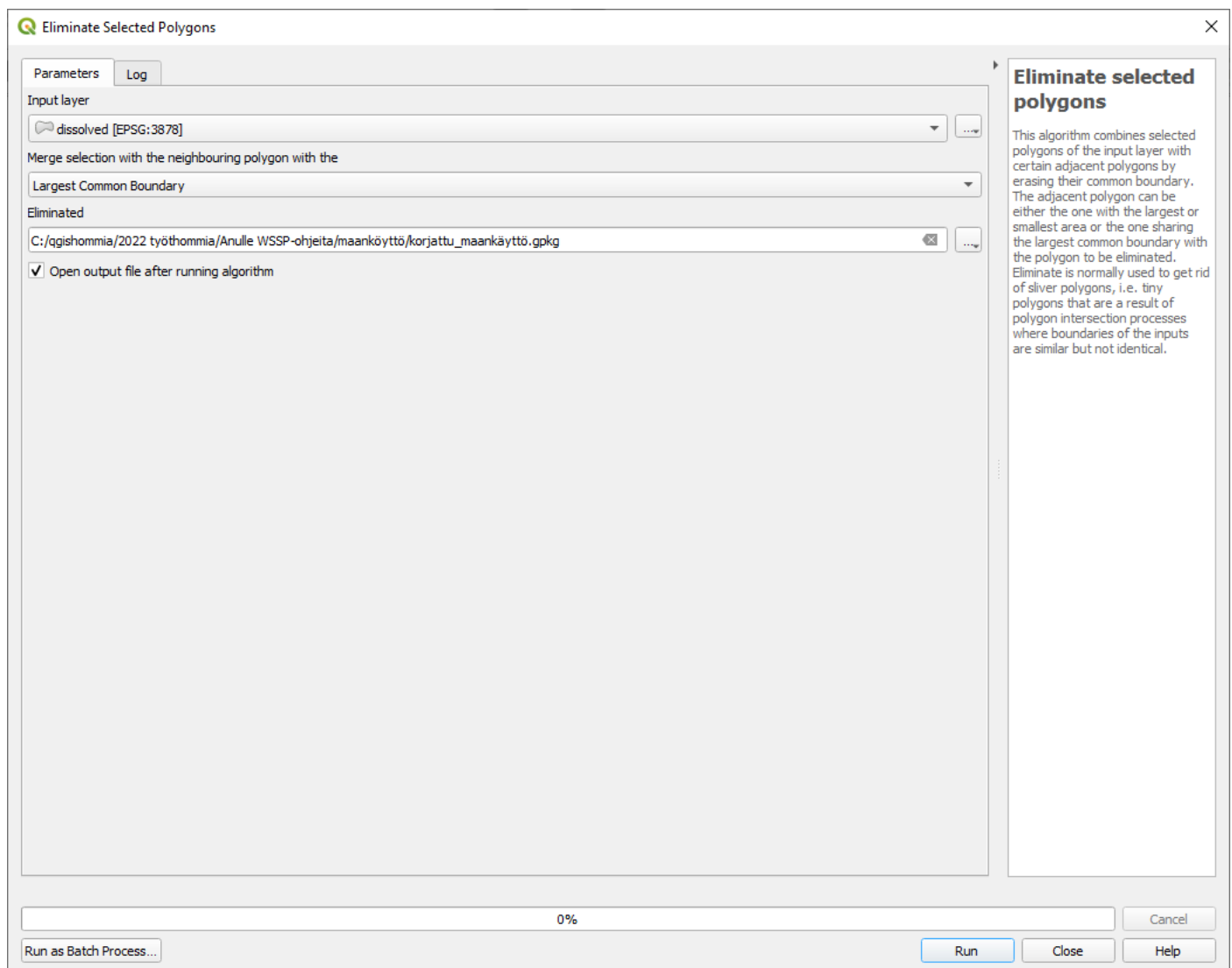
10. Lasketaan kaikki alle 0,5 hehtaarin kohteet. Avataan tason välilehti -> *Calculate geometry*

11. Sulatetaan kaikki alle 0,5 HA kohteet osaksi sitä kohdetta, jonka kanssa kohde jakaa pisimmän rajan. Avataan tason attribuuttitaulukko. Muokkaus kytketään päälle. Järjestetään "area"-kenttä alimmasta suurimpaan. Maalataan kaikki arvot, jotka jäävät alle 5000. Haetaan eliminointityökalu. *Processing -> Processing toolbox -> Eliminate selected polygons*

12. Valitaan eliminoinnin parametrit

- *Merge selection with the neighbouring polygon with the* -> Largest Common Boundary
- Tallennetaan nimellä "*korjattu\_maankäyttö*"

-> *Run*.



Kuva 80. Eliminointi.

## Digitointi ja ilmakuvakorjaus

Riippuen lähtöaineistojen ajantasaisuudesta ja tarkkuudesta sekä soveltuvuudesta WSSP:en, voi olla tarpeellista digitoida *korjattua maankäyttöä*. Digitoinnin laajuus ja tarkkuus on kiinni käyttäjästä. On suositeltavaa käyttää korkearesoluutioista ilmakuvaa korjausta varten. Apuna korjaamisessa voi myös hyödyntää *Fix geometries* ja *Remove Dangles* työkaluja. **Ennen digitoinnin aloittamista kannattaa luoda varmuuskopio.** Avataan tason *korjattu\_maankäyttö* välilehti -> Export -> saves as. Tallennetaan nimellä *"Varmuuskopio\_korjattu\_maankäyttö"*



Kuva 81. Ylempänä WMS-palvelu ja alempana ladattu rasteritaso.



## Muutosalueiden määrittäminen

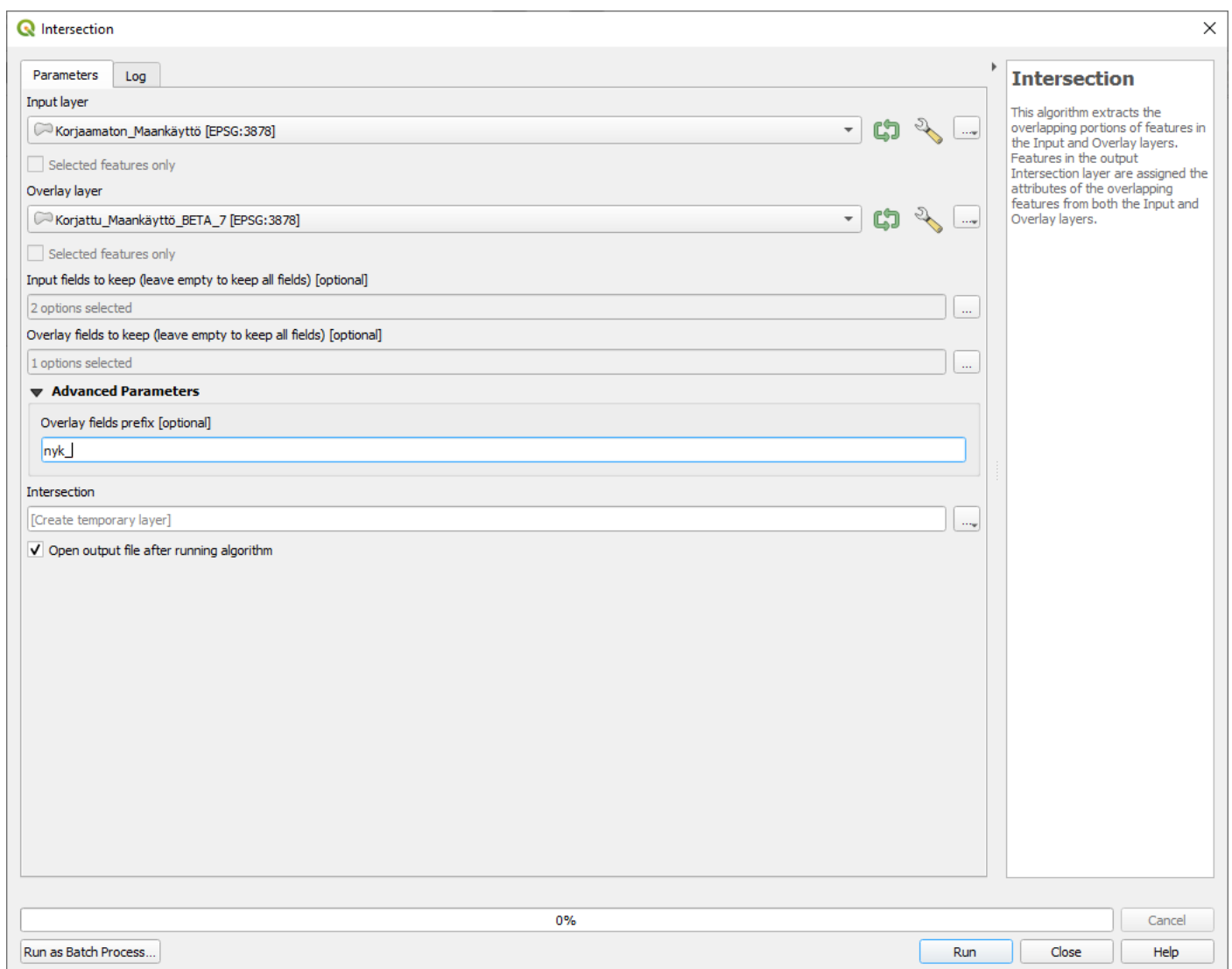
Muutosalueet ovat niitä alueita, jotka tulevat muuttumaan hydromorfologiselta luonteeltaan niin paljon, ettei niitä voi pitää enää samana maankäyttömuotona. Muutosalueet määritetään vertaamalla korjaamatonta ja korjattua maankäyttöä keskenään.

1. Etsitään leikkauskohdat. *Processing* -> *Processing toolbox* -> *Vector overlay* -> **Intersection**

2. Valitaan leikkauskohtien parametrit:

- *Input layer* -> "korjaamaton\_maankäyttö"
- *Overlay layer* -> "korjattu\_maankäyttö"
- *Input fields to keep (Leave empty to keep all fields) [Optional]* -> fid, mluokka
- *Overlay fields to keep (Leave empty to keep all fields) [Optional]* -> mluokka
- *Overlay fields prefix [optional]* -> nyk\_

-> *Run*.



Kuva 82. Muutosalueiden paikantamisen parametrit.

3. Etsitään muutosalueet. Avataan luodun tason attribuuttitaulu ja kenttälaskin. *Attribute table -> Field calculator*

4. Valitaan uuden kentän parametrit

- *Create a new field* ->
- *Output field name* -> "muutos"
- *Output field type* -> Whole number (integer)

Kopioidaan kenttälaskimeen lauseke:

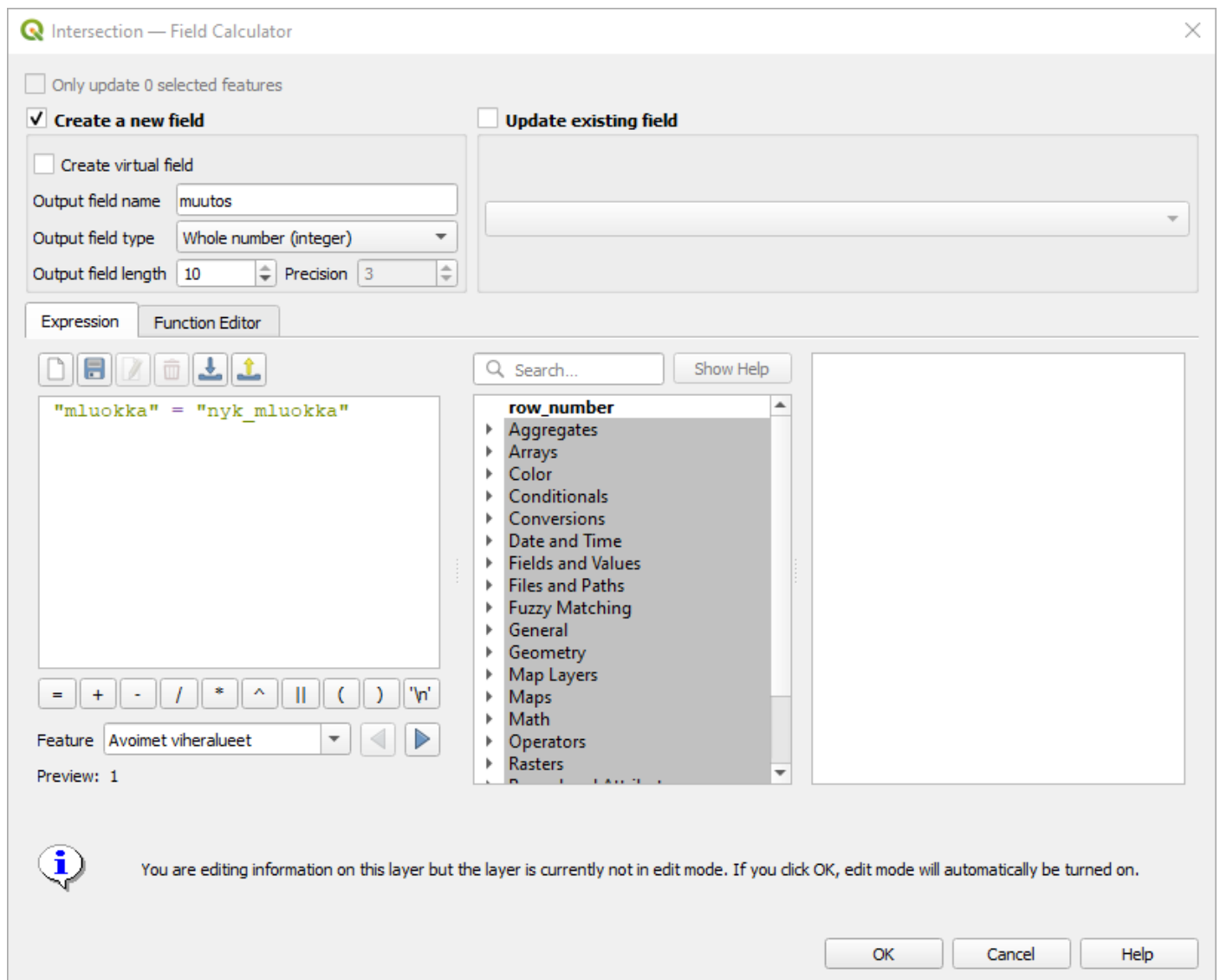
---

"mluokka" = "nyk\_mluokka"

---

-> *Ok.*

Nyt kentän muutos edustaa muutosalueita. Arvot 0 ovat muutosalueita ja nollan ylittävät arvot (1) muuttumattomia alueita.



Kuva 83. Muutosalueiden laskeminen kenttälaskimen avulla.

fid	mluokka	nyk_mluokka	muutos
1	Avoimet viheral...	Avoimet viheral...	1
2	Palvelualueet	Palvelualueet	1
3	Avoimet viheral...	Avoimet viheral...	1
4	Palvelualueet	Metsäalueet	0
5	Palvelualueet	Maatalousalueet	0
6	Palvelualueet	Palvelualueet	1
7	Palvelualueet	Palvelualueet	1
8	Palvelualueet	Palvelualueet	1
9	Avoimet viheral...	Avoimet viheral...	1
10	Avoimet viheral...	Metsäalueet	0
11	Väljät asuinalueet	Väljät asuinalueet	1
12	Väljät asuinalueet	Metsäalueet	0
13	Palvelualueet	Metsäalueet	0
14	Palvelualueet	Maatalousalueet	0
15	Palvelualueet	Palvelualueet	1
16	Palvelualueet	Metsäalueet	0
17	Palvelualueet	Metsäalueet	0

Kuva 84. Arvot 0 ovat muutosalueita, ja nollan ylittävät arvot (1) muuttumattomia alueita.

*Mluokka* osoittaa kaavan osoittaman WSSP-maankäyttöluokan. *Nyk\_mluokka* edustaa nykytilan mukaista maankäyttöä, *korjatun maankäytön* mukaisesti. *Muutos* osoittaa onko alue muuttumassa vai ei.

5. Rikotaan taso yksiosaiseksi *multipart split* liitännäisen avulla. Työkalu löytyy asennuksen jälkeen digitointityökaluriviltä. -> *Split feature parts*

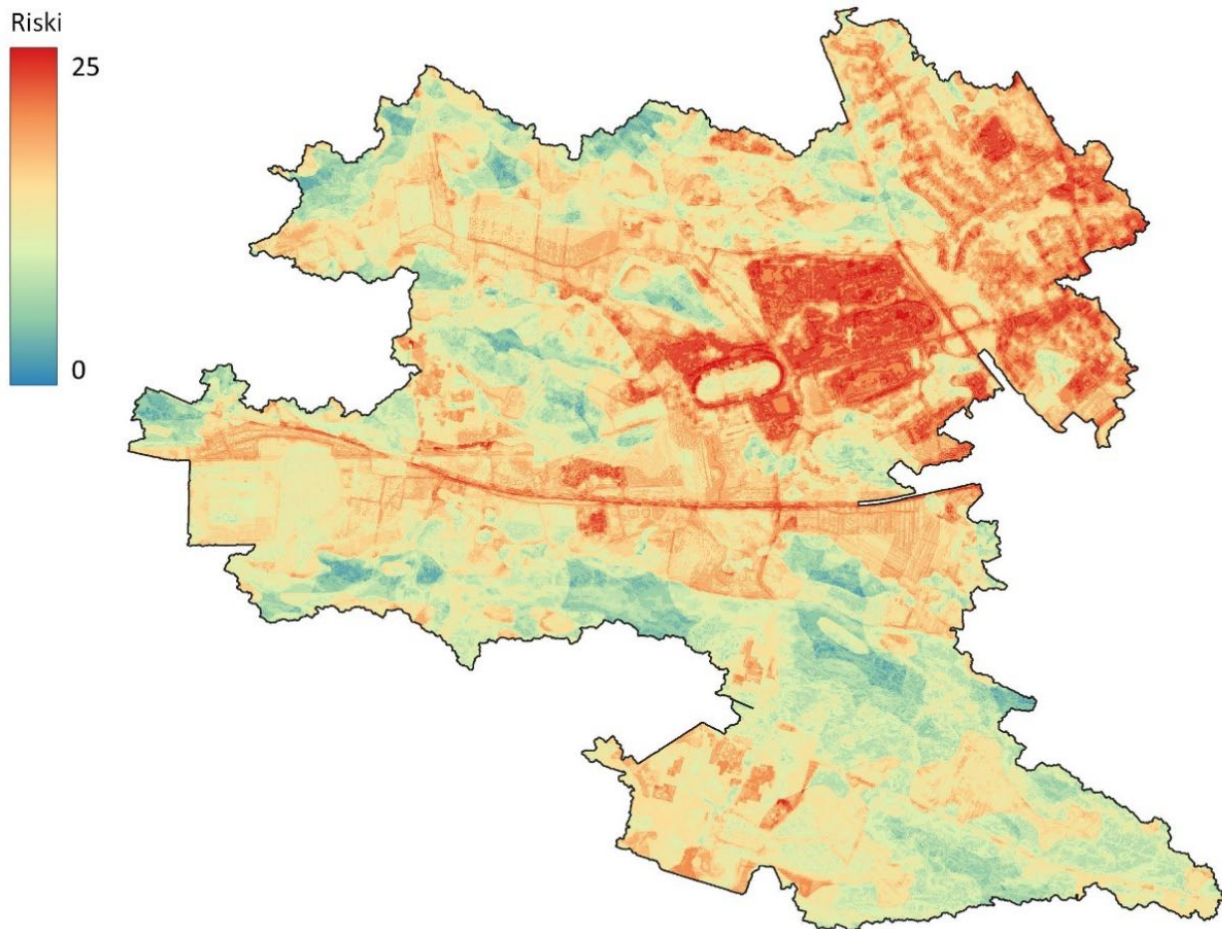
6. Avataan attribuuttitaulu ja korjataan käsin:

- Poistetaan kaikki arvon "1" omaavat kohteet (nämä eivät ole muutosalueita).
- Lasketaan kohteiden pinta-ala, ja poistetaan kaikki 0,5 hehtaarin kohteet. (*Calculate geometry*).
- Poistetaan kaikki arvot, joilla ei ole kaavan osoittamaa maankäyttöluokkaa (kaavattomat alueet).
- Poistetaan kaikki tason osoittamat muutokset avoimista viheralueista metsiksi. (WSPP ei pysty osoittamaan muutoksia viheralueista metsiksi, johtuen lähtöaineiston tarkkuudesta). Aineisto voidaan järjestää uudelleen työskentelyn helpottamiseksi attribuuttitaulukossa.
- Tarkastellaan erityisalueiden muutokset ja poistetaan paikkaansa pitämättömät tulokset.
- Erityistä huomiota kaipaavat kaavan maa ja metsätalouden piiriin kuuluvat alueet. Näiden muutoksia ei välttämättä saada näkymään, metsistä maatalouden alueiksi ja päinvastoin. Kohteet tulee poistaa.
- Käytetään maalaisjärkeä ja paikkatuntemusta. Menetelmä on ainoastaan niin tarkka kuin lähtöaineistot.



*Kuva 85. Pilottialueen muutosalueet.*

# WSSP-riskimoduuli



Kuva 86. Yhteenlaskettu hulevesiin kohdistuva riski pilottialueella, ilman ihmistoimintaa.

## Tiivistelmä

On suositeltavaa luoda erillinen työtila riskien kokoamista varten. Moduulin avulla voidaan arvioida hulevesiin kohdistuvia biofysisiä ja ihmistoiminnan aiheuttamia riskejä, ja kohdistaa toimenpiteitä resurssiviisaasti.

WSSP-riskit voidaan periaatteessa laskea minkä tahansa kokoiselle alueelle, mutta työmäärä voi kasvaa. Ainoastaan ihmistoiminnan riski ei skaalaudu, sillä laskuja rajoittaa yleiskaavan kattavuus. Ohjeissa riski lasketaan aiemmin tuotetulle ”*yhdistetty\_korkeusmalli*” tasolle. Tämä taso toimii riskiaineiston rajoina. Rajoina voidaan myös käyttää kansallisia karttalehtiä. Moduulin tavoitteena on:

- Luoda riskirasterit kuvaamaan 1. kasvillisuutta, 2. kaltevuutta, 3. läpäisemättömyyttä, 4. maaperän vedenjohtavuutta, 5. etäisyyttä valuntaverkkoon ja 6. ihmistoimintaa
- Luoda yhteenlaskettu riskirasteri

Moduulissa tarvittavat lähtöaineistot:

- NVDI:n maksimi-arvot 2021 [SYKE]
- Korkeusmalli 2 m [MML]
- Imperviousness [EEA]

- Maaperä 1:20 000 / 1:50 000 [GTK]
- Polttotaso [WSSP]
- WSSP-maankäyttöluokittelu [WSSP]

Riskiärvot (*r.reclass, reclassify by table*) ovat vaihdettavissa harkinnanvaraisesti. Ohjeissa esitetyt arvot ovat WSSP-tietokannassa tarkemmin perusteltuja lukuja väliltä 0–5.

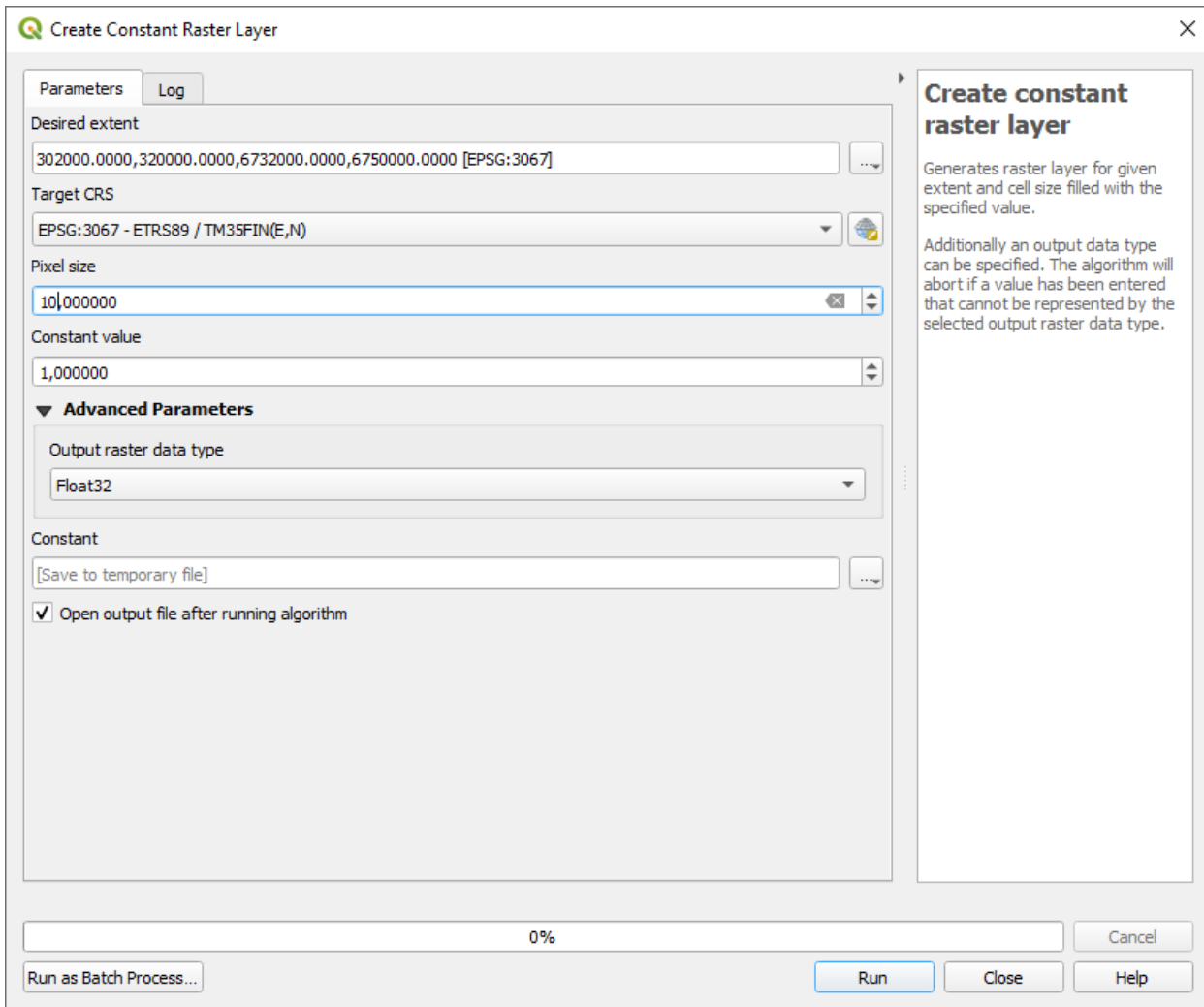
### Esivalmistelut

1. Luodaan työtila. Tiputetaan työtilaan *yhdistetty\_korkeusmalli* (Mikäli tiedostoa ei ole, luodaan tämä noudattamalla WSSP valuma-aluemoduulin ohjeita.
2. Tallennetaan työtila nimellä "WSSP\_riski"
3. Tarkistetaan sijainti. -> *World*.
4. Luodaan maskitaso riskirastereiden leikkaamista varten. Processing ->Processing Toolbox-> Raster creation -> **Create constant raster layer**

Valitaan maskitason parametrit:

- *Desired extent* -> *yhdistetty\_korkeusmalli*
- *Pixel size* -> *10*
- *Constant value* -> *1*
- Tallennetaan väliaikaisena

-> *Run*.



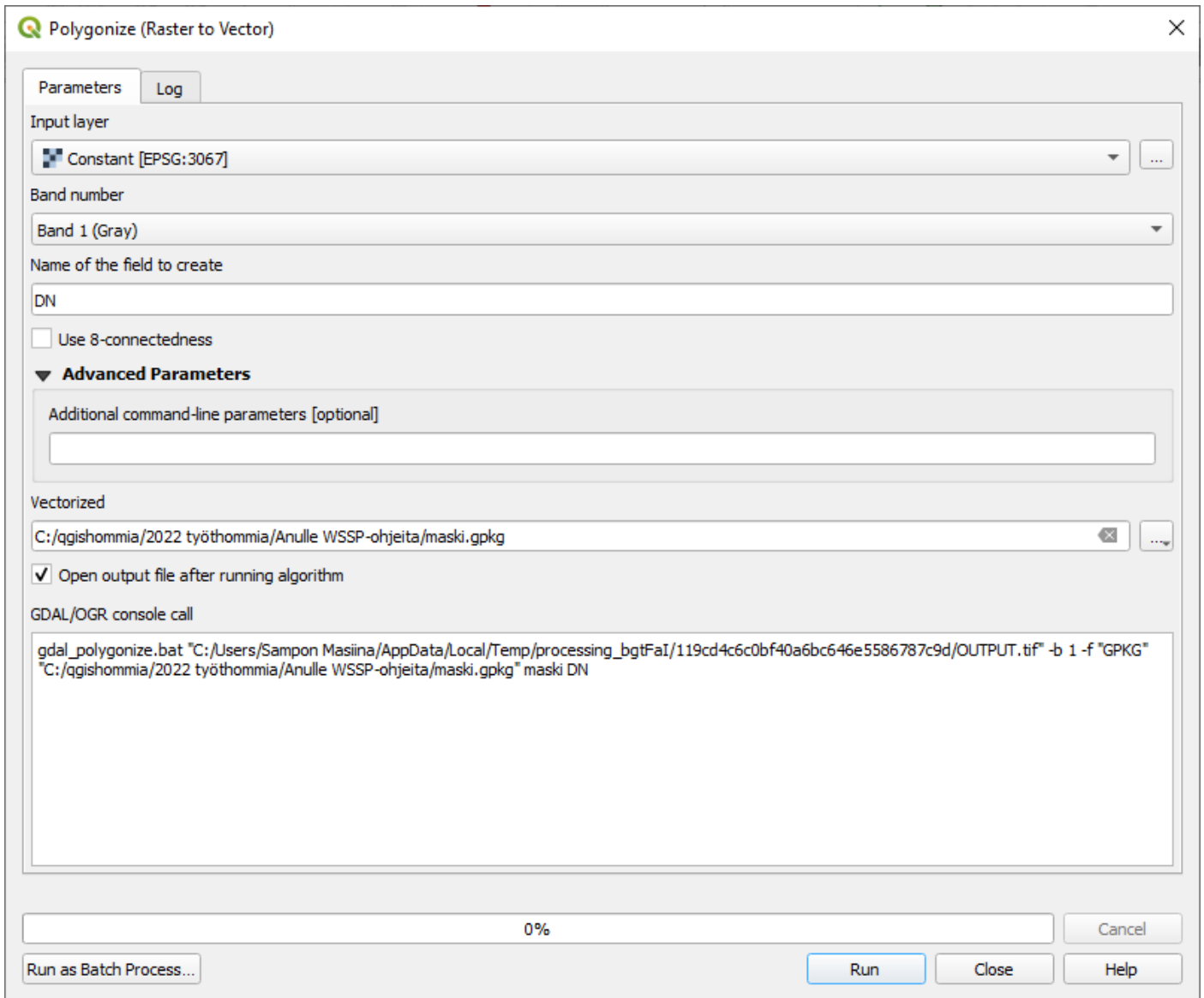
Kuva 87. Maskitason parametrin.

5. Muutetaan rasteri vektoriksi Processing-> Processing toolbox -> GDAL->Raster conversion -> **Polygonize (raster to a vector)**

Valitaan muuntoparametrit:

- *Input layer -> constant*
- Tallennetaan nimellä "maski"

-> *Run.*



Kuva 88. Maskitason polygonisoinnin parametrit.

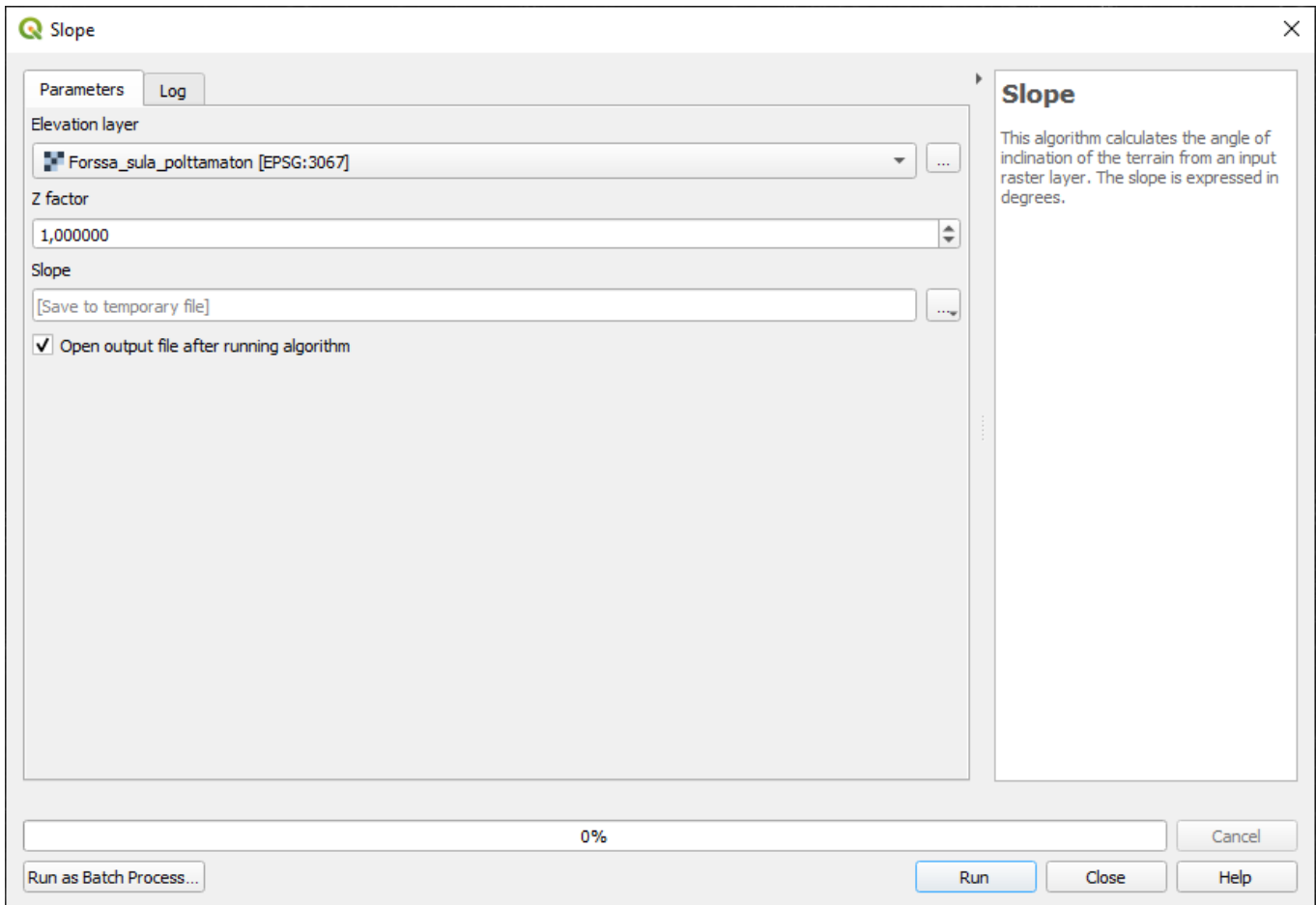
## Kaltevuus

Kaltevuus lasketaan käsittelemättömästä MML- KM2 aineistosta. Laskemisessa hyödynnetään aiemmin ladattua ja yhdistettyä korkeusmallia, **jota ei ole poltettu** ”yhdistetty\_korkeusmalli”. Aineisto käy myös muun aineiston rajaajana.

1. Haetaan kaltevuuden laskentatyökalu. *Processing* -> *Processing Toolbox*-> *Raster terrain analysis*-> *Slope*
2. Valitaan kaltevuuden laskennan parametrit:
  - *Elevation layer* -> ”yhdistetty\_korkeusmalli”
  - *Z factor* -> 1
  - Tallennetaan väliaikaisena

-> *Run*.





Kuva 89. Kaltevuuden laskentatyökalu.

3. Luokitellaan kaltevuuden asteavot WSSP-riskiarvoiksi. *Processing Toolbox*-> *Raster*-> *GRASS* -> *Raster(r.\*)* -> *r.reclass*

Valitaan uudelleen luokittelun parametrit:

- Input raster layer -> *slope*
- Reclass rules text -> Kopioidaan sääntö *reclassify rules* -ikkunaan.
- Tallennetaan nimellä "*kaltevuus\_riski*"

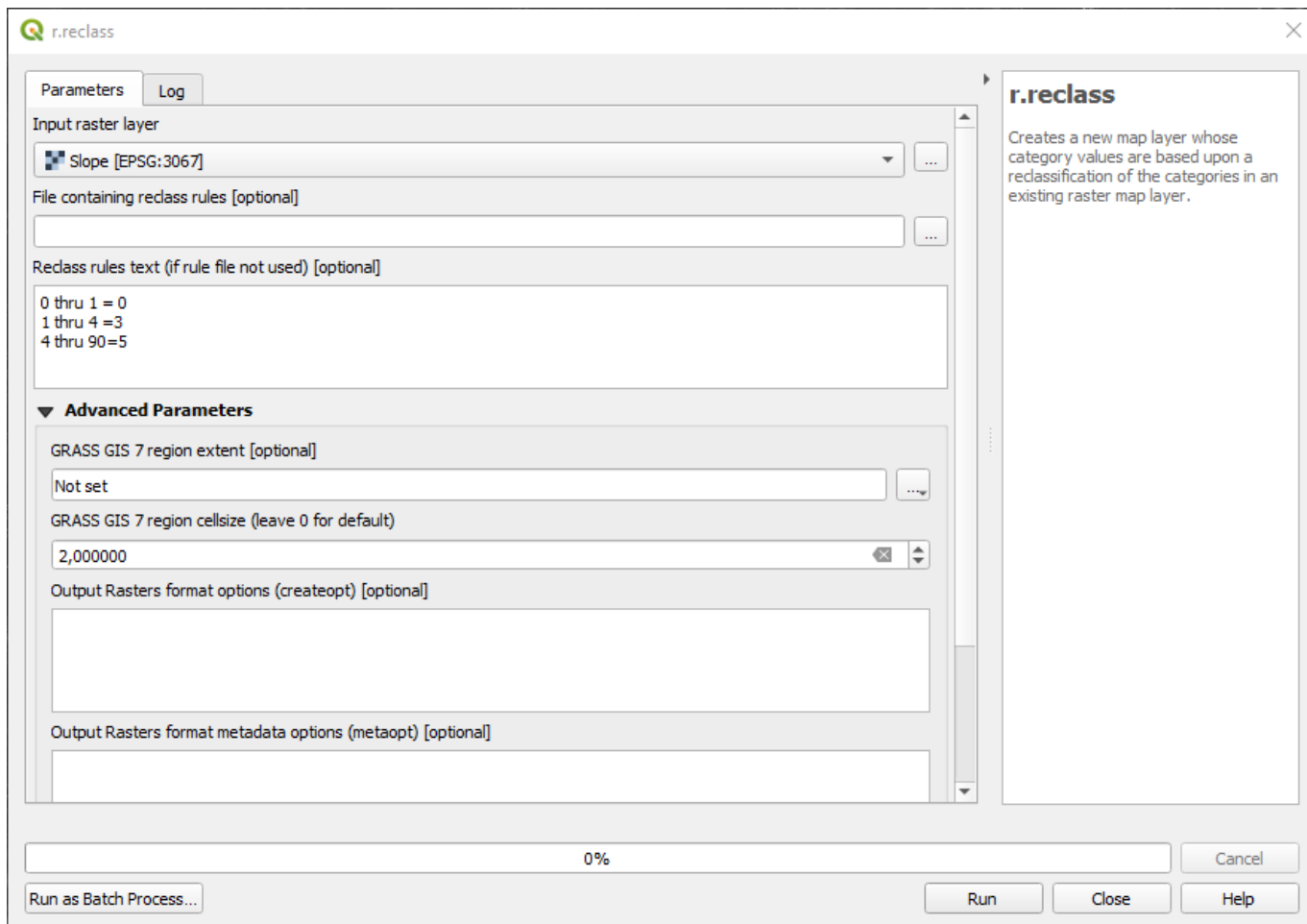
Sääntö on:

0 thru 1 = 0

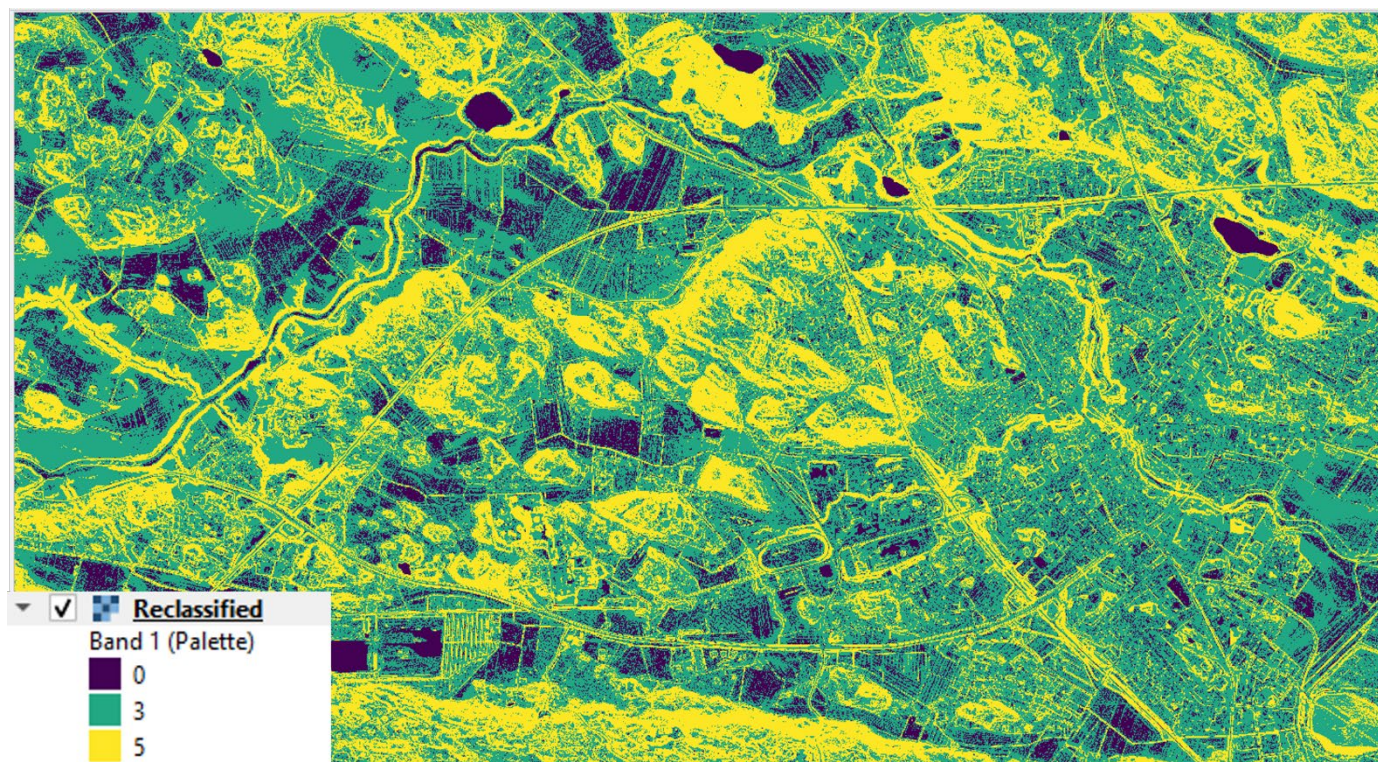
1 thru 4 = 3

4 thru 90 = 5

-> *Run*.



Kuva 90. Kaltevuuden uudelleen luokittelun säännöt.



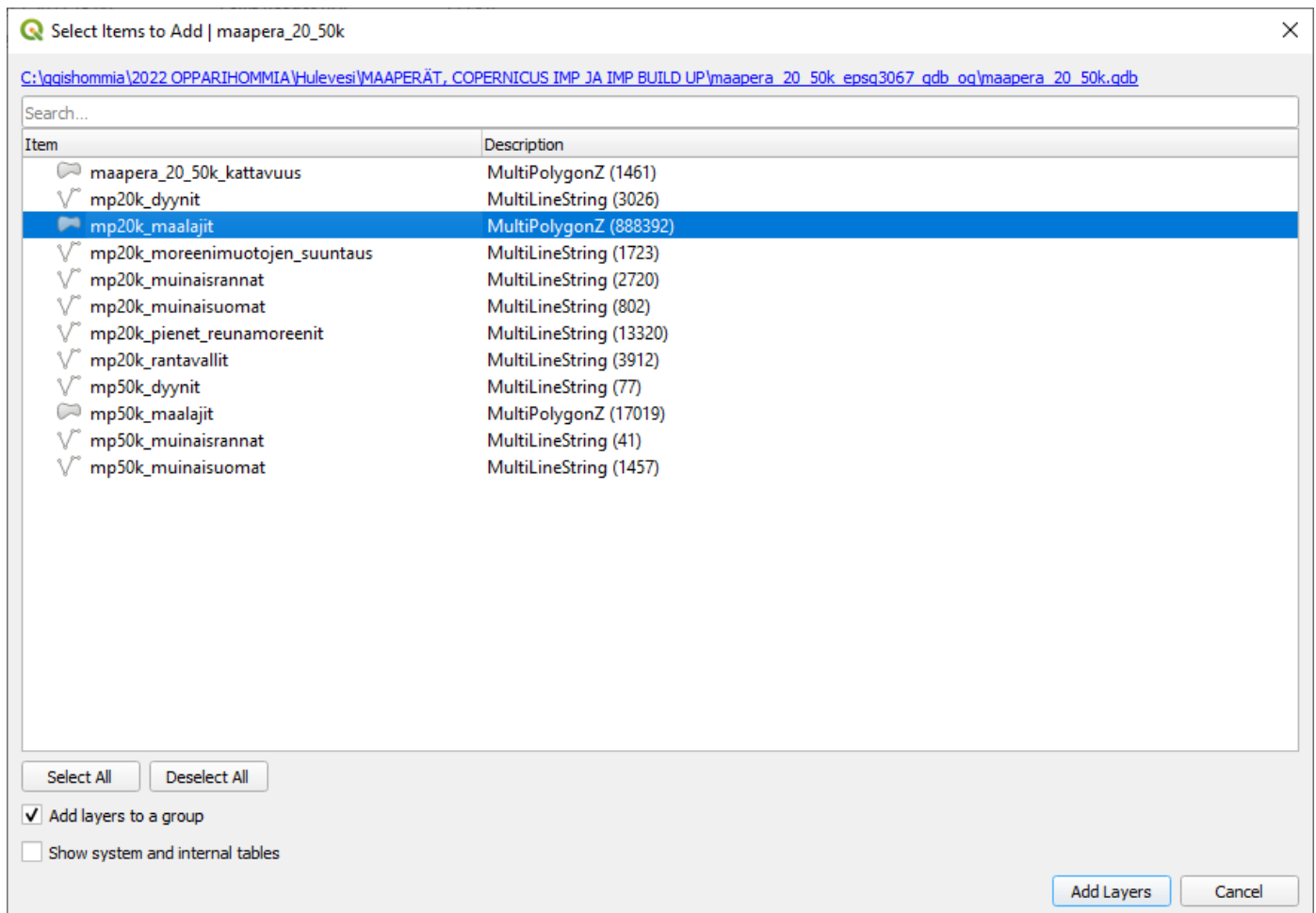
Kuva 91. Kaltevuus WSSP:n riskiluokittelun mukaan.

## Maalajin hydrologinen läpäisevyys

Riskiluokittelun pohja-aineistona toimii GTK:n ”Maaperä 1:20 000 / 1:50 000” aineisto. WSSP riskiluokittelu perustuu GTK:n antamiin vedenjohtavuusarvoihin.

1. Ladataan aineisto GTK:n rajapintapalvelusta [Maaperä 1:20 000 / 1:50 000 aineisto](#).

2. Puretaan ja tiputetaan aineisto työtilaan. Valitaan *mp20k\_maalajit*. Muut kohteet ovat tarpeettomia. -> *Add layers*.



Kuva 92. Tarvittavat kohteet GTK:n aineistoista.

3. Leikataan aineisto. *Processing* -> *Processing Toolbox* -> *GDAL* -> *Vector geoprocessing* -> *Clip vector by extent*

4. Valitaan leikkauksen parametrit:

- *Input layer* -> juuri ladattu mpk20k\_maalajit
- *Extent* -> *yhdistetty\_korkeusmalli*
- Tallennetaan väliaikaisena.

-> *Run*.

5. Avataan tason *clipped* attribuuttitaulu ja kenttälaskin. Luodaan uusi kenttä riskiluokittelua varten. *Attribute table* -> *Field calculator*

6. Valitaan uuden kentän parametrit:

- *Create a new field* ->
- *Output field name* -> HL
- *Output field type* -> Whole number (integral)

Kopioidaan seuraava lauseke kenttälaskimen ikkunaan:

---

CASE

WHEN "PINTAMAALAJI" = 'Hienoainesmoreeni (HMr) RT' THEN '5'

WHEN "PINTAMAALAJI" = 'Kalliomaa (Ka) RT' THEN '5'

WHEN "PINTAMAALAJI" = 'Kartoittamaton (0)' THEN '5'

WHEN "PINTAMAALAJI" = 'Lieju (Lj) RT' THEN '5'

WHEN "PINTAMAALAJI" = 'Liejuhiesu (LjHs) RT' THEN '5'

WHEN "PINTAMAALAJI" = 'liejuinen Hiekka (LjHk) RT' THEN '5'

WHEN "PINTAMAALAJI" = 'Hienoainesmoreeni (HMr) RT' THEN '5'

WHEN "PINTAMAALAJI" = 'liejuinen hieno Hieta (LjHht) RT' THEN '5'

WHEN "PINTAMAALAJI" = 'Liejusavi (LjSa) RT' THEN '5'

WHEN "PINTAMAALAJI" = 'Rakka (RaKa) RT' THEN '5'

WHEN "PINTAMAALAJI" = 'Rapakallio (RpKa) RT' THEN '5'

WHEN "PINTAMAALAJI" = 'Savi (Sa) RT' THEN '5'

WHEN "PINTAMAALAJI" = 'Turvetuotantoalue (Tu) RT' THEN '5'

WHEN "PINTAMAALAJI" = 'Täytemaa (Ta)' THEN '5'

WHEN "PINTAMAALAJI" = 'Hiekkamoreeni (Mr) RT' THEN '3'

WHEN "PINTAMAALAJI" = 'hieno Hiekka (HHk) RT' THEN '3'

WHEN "PINTAMAALAJI" = 'hieno Hieta (HHt) RT' THEN '3'

WHEN "PINTAMAALAJI" = 'Hiesu (Hs) RT' THEN '3'

WHEN "PINTAMAALAJI" = 'karkea Hieta (KHt) RT' THEN '3'

WHEN "PINTAMAALAJI" = 'Rahkaturve (St) RT' THEN '3'

WHEN "PINTAMAALAJI" = 'Saraturve (Ct) RT' THEN '3'

WHEN "PINTAMAALAJI" = 'Soramoreeni (SrMr) RT' THEN '3'

WHEN "PINTAMAALAJI" = 'Hiekka (Hk) RT' THEN '0'

WHEN "PINTAMAALAJI" = 'Kiviä (Ki) RT' THEN '0'

WHEN "PINTAMAALAJI" = 'Lohkareita (Lo) RT' THEN '0'

WHEN "PINTAMAALAJI" = 'Sora (Sr) RT' THEN '0'

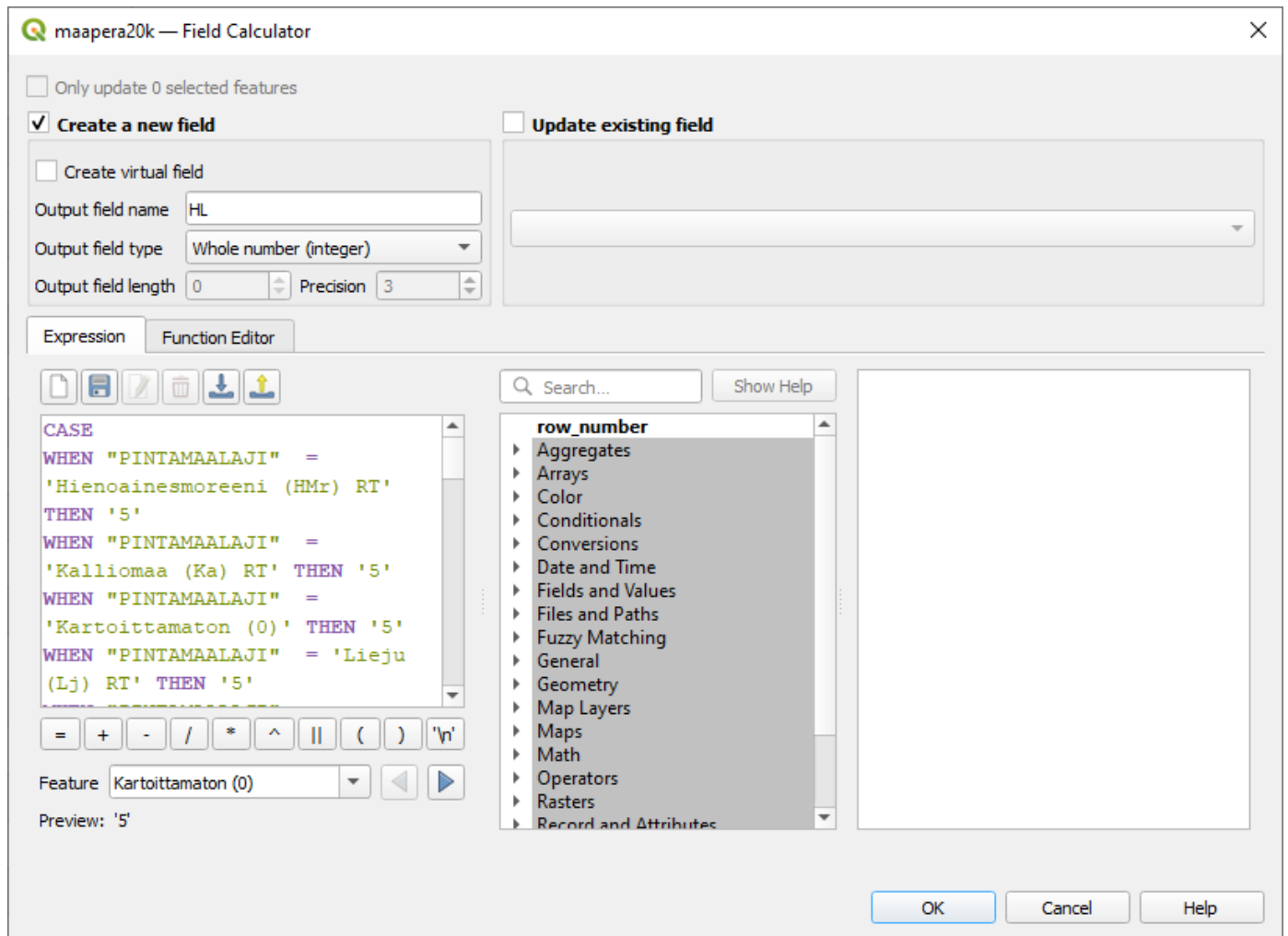
WHEN "PINTAMAALAJI" = 'Vesi (Ve)' THEN '0'

ELSE NULL

END

-> OK.

Lauseke sisältää kaikki *mp20k\_maalajit* – pintamaalajiluokkien arvot ja muuntaa ne automaattisesti WSSP-riskiluokkia vastaaviksi arvoiksi. **Mikäli lähtöaineisto erii, on lauseketta muokattava.**



Kuva 93. Maaperän riskiluokittelu kentälaskimessa.

7. Muutetaan vektori rasteriksi. Haetaan työkalu. *Processing* -> *GDAL* -> *Vector conversion* -> ***Rasterize (Vector to Raster)***

8. Valitaan muunnoksen parametrit.

- *Input layer* -> *Clipped*
- *Field to use a burn-in value [optional]* -> juuri luotu attribuutti "HL"
- *Output raster size units* -> Georeferenced units (yksikköjen tulee olla metrejä)
- *Height/ Horizontal resolution* -> 2
- *Width/ Vertical resolution* -> 2

- Output extent [optional] -> "yhdistetty\_korkeusmalli"
- Assign a specified nodata value to output bands [optional] -> not set
- Tallennetaan nimellä "maaperan\_hydrologinen\_johtavuus\_riski"

-> Run.

**Rasterize (Vector to Raster)**

Parameters Log

Input layer  
maapera20k [EPSG:3067]

Selected features only

Field to use for a burn-in value [optional]  
123 HL

A fixed value to burn [optional]  
0,000000

Burn value extracted from the "Z" values of the feature [optional]

Output raster size units  
Georeferenced units

Width/Horizontal resolution  
2,000000

Height/Vertical resolution  
2,000000

Output extent [optional]  
302000.0000,320000.0000,6732000.0000,6750000.0000 [EPSG:3067]

Assign a specified nodata value to output bands [optional]  
Not set

**Advanced Parameters**

Additional creation options [optional]  
Profile

Name	Value

0%

Run as Batch Process... Run Close Help

Kuva 94. Maaperävektorin muuntaminen rasteriksi.

## Läpäisemättömyys

Läpäisemättömyys lasketaan WSSP:sa TIA:lla. Lähtöaineistona toimii yleiseurooppalainen European Environmental Agency:n tuottama *Imperviousness*, jossa läpäisemättömyys on kuvattu prosentteina.

1. Ladataan [European environmental agency läpäisemättömyysaineisto](#).
2. Puretaan aineisto ja tiputetaan työtilaan riittävä määrä tasoja. Poistetaan ylimääräiset tasot.

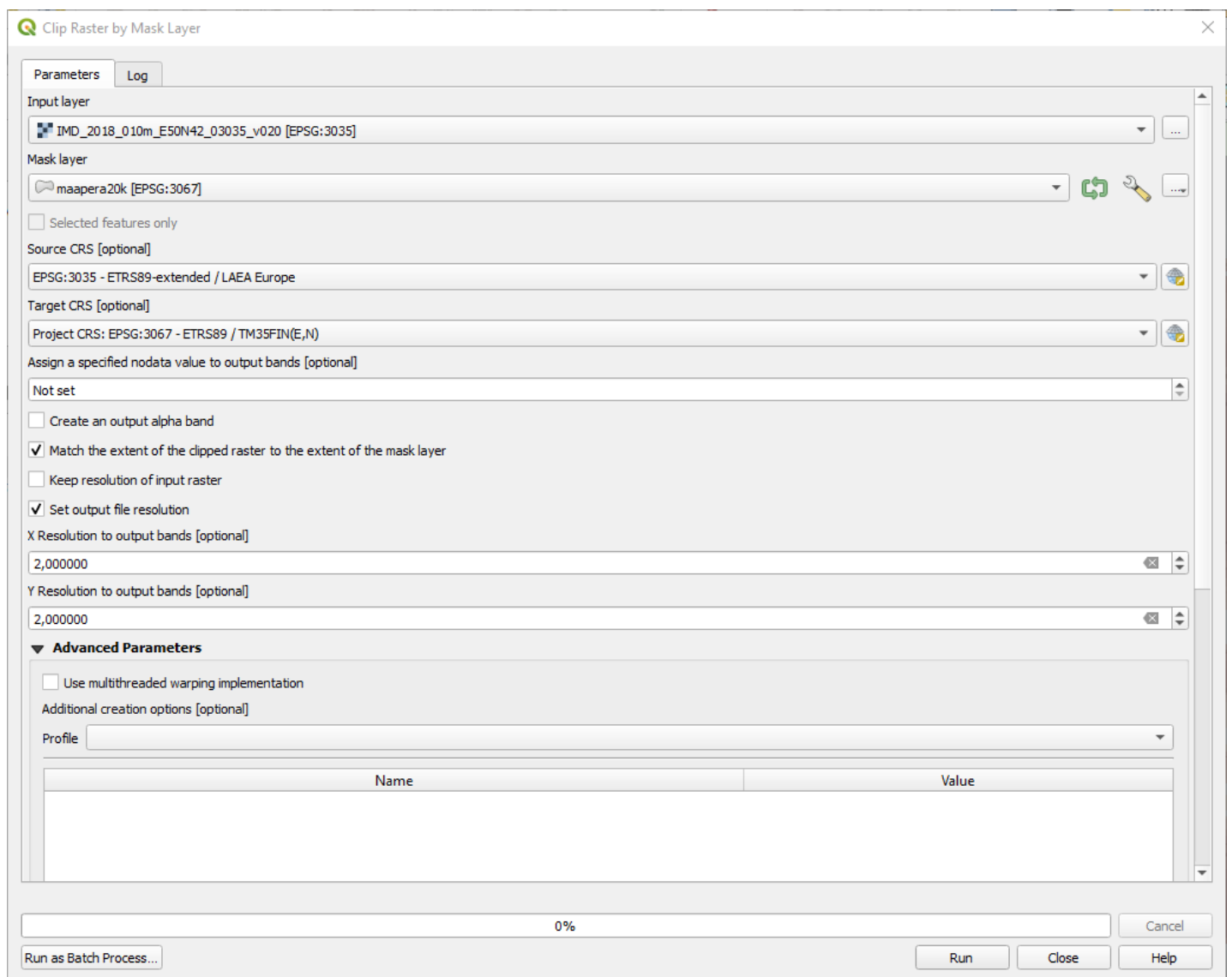
3. Yhdistetään tasot, mikäli tarpeellista. *Processing-> Processing toolbox -> GDAL->Raster Miscellaneous-> Merge*

4. Leikataan rasteritaso. *Processing -> Processing toolbox – GDAL -> Raster Extraction -> Clip raster by Mask layer.*

6. Valitaan leikkauksen parametrit

- *Input layer -> "Reprojected"* (projektoitu läpäisemättömyysaineisto)
- *Mask layer -> "Clipped"* (maaperästä leikattu aiemman työvaiheen taso)
- *Match the extent of the clipped raster ->*
- Tallennetaan väliaikaisena.

-> *Run.*



Kuva 95. Läpäisemättömyysaineiston leikkauksen parametrit.

7. Projektoidaan valtiolliseen koordinaatistoon ja muunnetaan hilakoko. *Processing -> Processing toolbox – GDAL -> Raster projections -> Warp (reproject)*

8. Valitaan uudelleen projektion parametrit:

- *Input layer* -> Lämpöemättömyysaineisto
- *Target CRS [optional]* -> EPSG:3067, ETRS-TM35FIN
- *Output file resolution in target georeferenced units [optional]* -> 2
- Tallennetaan väliaikaisena.

-> *Run.*

9. Luokitellaan aineisto WSSP:n mukaisiin riskiluokkiin. *Processing* ->*Processing toolbox* -> *GRASS* -> *Raster(r\*)* ->*r.reclass*

Valitaan uudelleen luokittelun parametrit

- *Reclass rules text* -> Kopioidaan alempi sääntö reclassify rules ikkunaan.
- Tallennetaan nimellä "*lämpöemättömyys\_riski*"

Sääntö on:

---

0 thru 1 = 0

1 thru 20 = 1

20 thru 40 = 2

40 thru 60 = 3

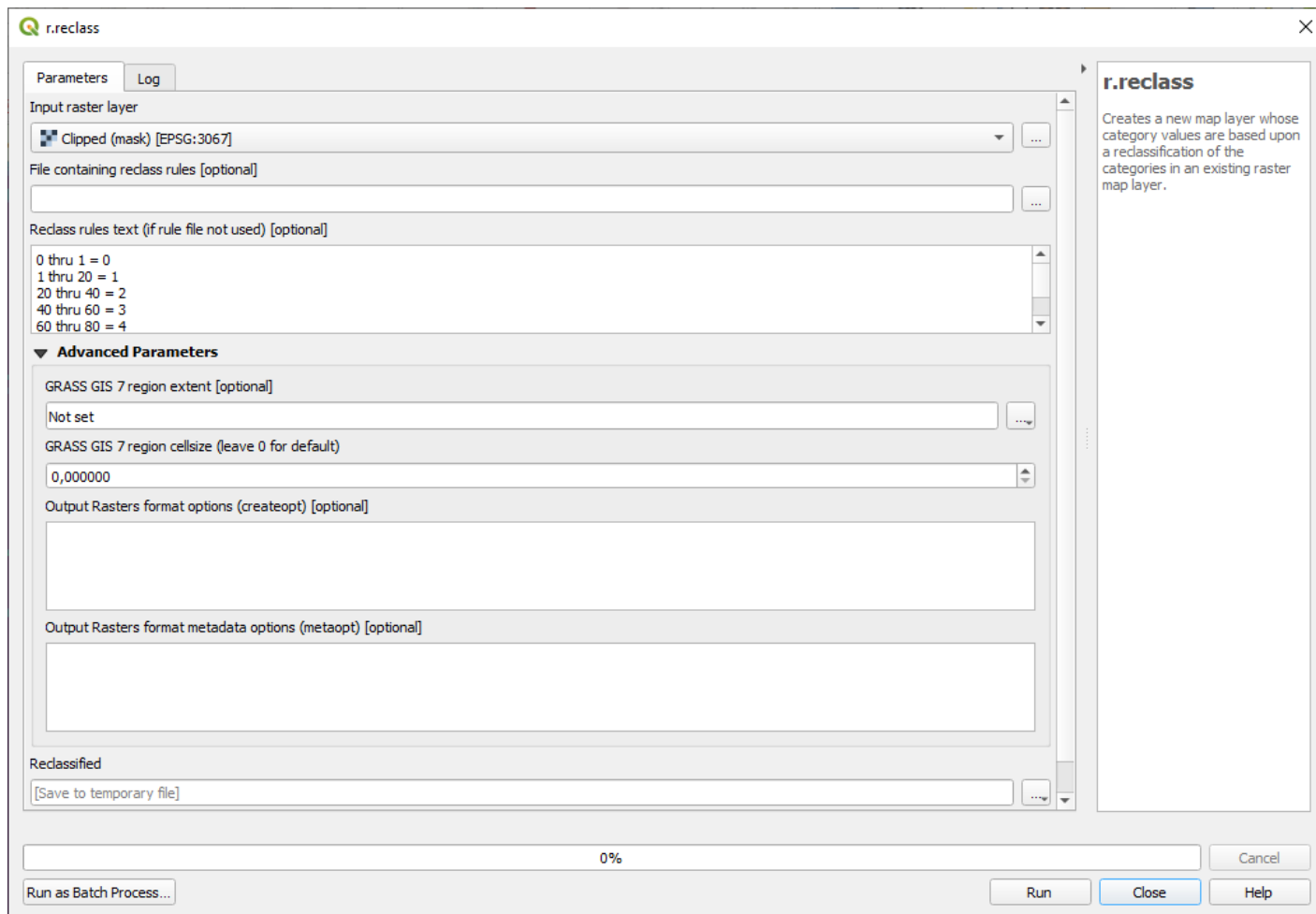
60 thru 80 = 4

80 thru 100 = 5

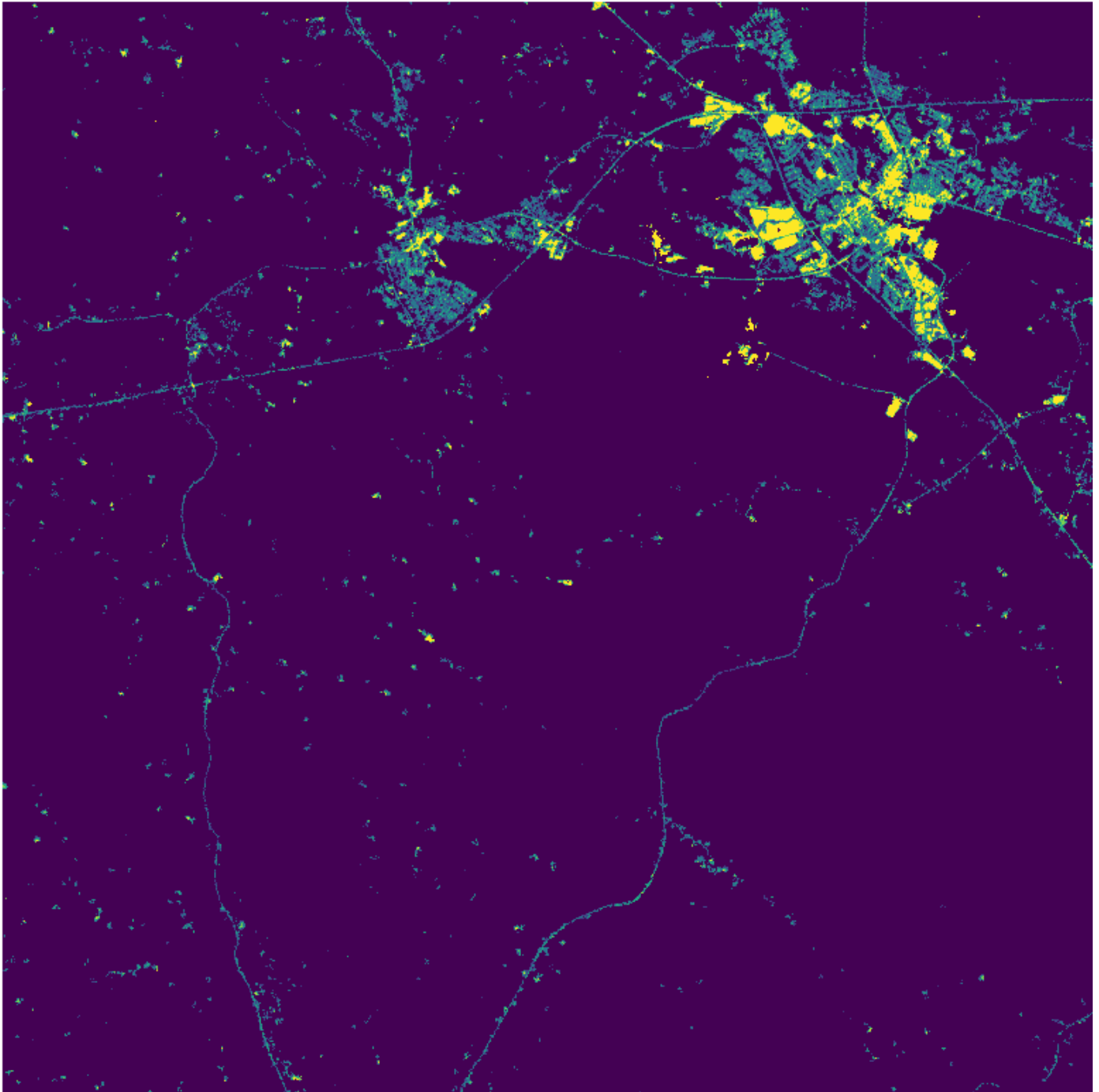
---

-> *Run.*





Kuva 96. Lämpömittömyyden uudelleenluokittelun säännöt.



Kuva 97. Läpäisemättömyys WSSP:n riskiluokittelun mukaan.

## NDVI

Normalisoitu kasvillisuusindeksi luokitellaan uudelleen SYKEN tuottamasta aineistosta. Vaihtoehtoisesti "NDVI:n maksimiarvo 2021 Etelä-Suomi" tai/ja "NDVI:n maksimiarvo 2021 Pohjois-Suomi". Rajatapauksissa molemmat.

1. [Ladataan SYKE NDVI:n maksimiarvo 2021.](#) Puretaan aineisto ja raahataan työtilaan tarkasteltavan alueen kattava määrä tasoja.
2. Yhdistetään tasot, mikäli tarpeellista. *Processing-> Processing toolbox -> GDAL->Raster Miscellaneous-> Merge*

3. Leikataan taso ja muunnetaan koordinaatisto. *Processing*-> *Processing toolbox* -> *GDAL*-> *Raster extraction* -> *Clip raster by mask layer*

Valitaan leikkauksen parametrit

- *Input layer* -> NDVI:n maksimiarvo 2021, tai yhdistetty taso.
- *Target CRS* -> EPSG:3067, ETRS-TM35FIN
- *Mask layer* -> *maski* (esivalmisteluina luotu maskitaso).
- *Match the extent of the clipped raster* ->
- *Set output file resolution* ->
- *X Resolution to output bands [optional]* -> 2
- *Y Resolution to output bands [optional]* -> 2
- Tallennetaan väliaikaisena.

4. Luokitellaan aineisto uusiksi. *Processing* -> *Processing toolbox* -> *GRASS* -> *Raster(r\*)* -> *r.reclass*

Valitaan uudelleen luokittelun parametrit

- Kopioidaan alempi sääntö *reclassify rules* ikkunaan.
- Tallennetaan nimellä "*NVDI\_riski*".

Sääntö on:

---

0 thru 120 = 5

120 thru 140 = 4

140 thru 160 = 3

160 thru 180 = 2

180 thru 200 = 1

200 thru 2000 = 0

---

-> *Run*.

### Etäisyys valuntaverkkoon

Riski lasketaan WSSP valuma-aluemoduulin aikana luodusta *polttotasosta*. Mikäli *polttotaso* ei ole luotu, se pitää luoda.

1. Tiputetaan "*polttotaso*" työtilaan.

2. Puskuroidaan *polttotaso*a 100 metrillä ja 200 metrillä. *Processing*-> *Processing toolbox* -> *Vector geometry* -> *Buffer*

3. Valitaan puskuroinnin parametrit:

- *Input layer* -> *polttotaso*
- *Distance* -> 100
- *Dissolve result* ->
- Tallennetaan väliaikaisena

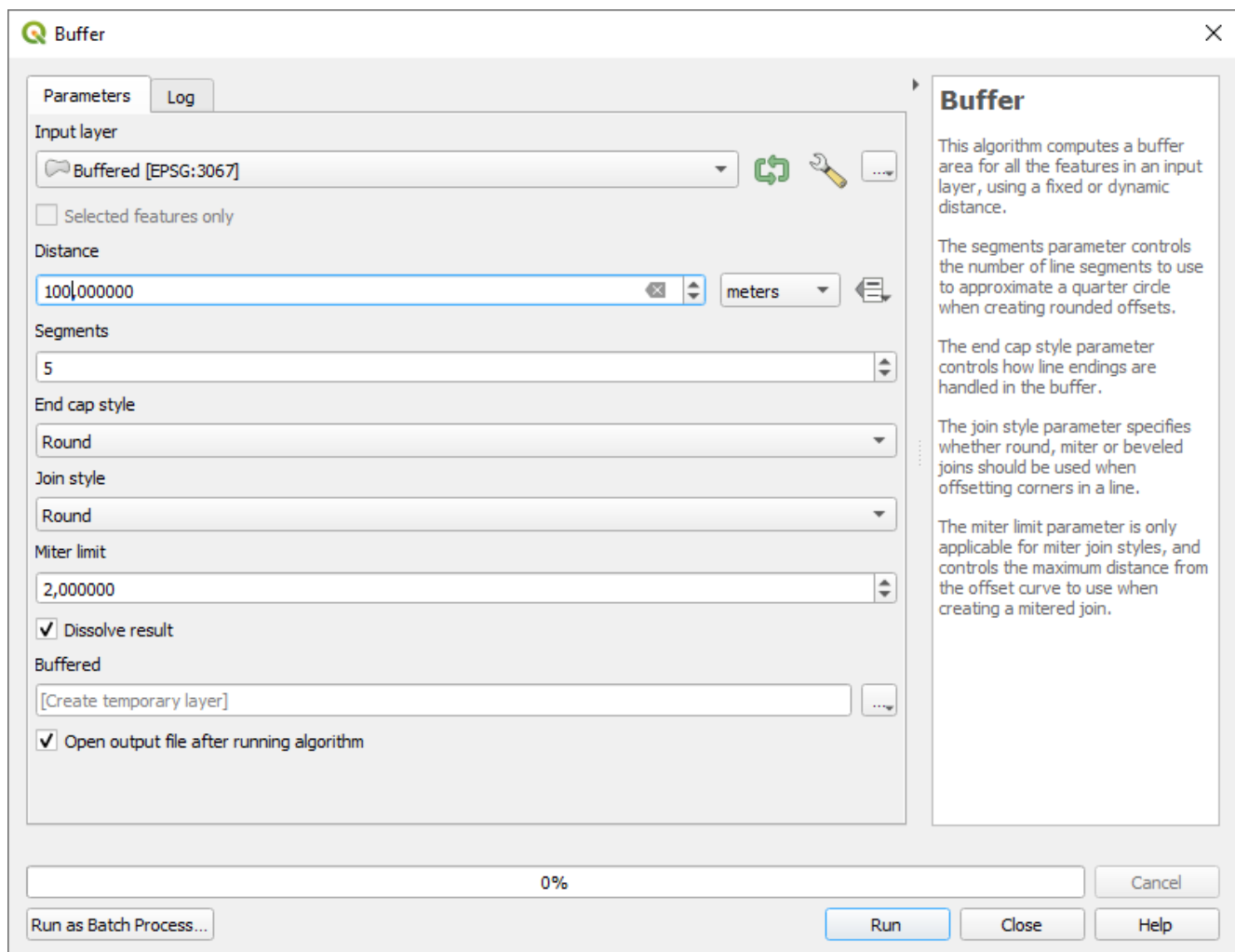
-> *Run*. Ei suljeta työkalua. Tarkistetaan tulos ja nimetään taso uudelleen -> *Rename layer* -> "100"

#### 4. Puskuroidaan toisen kerran polttotaso:

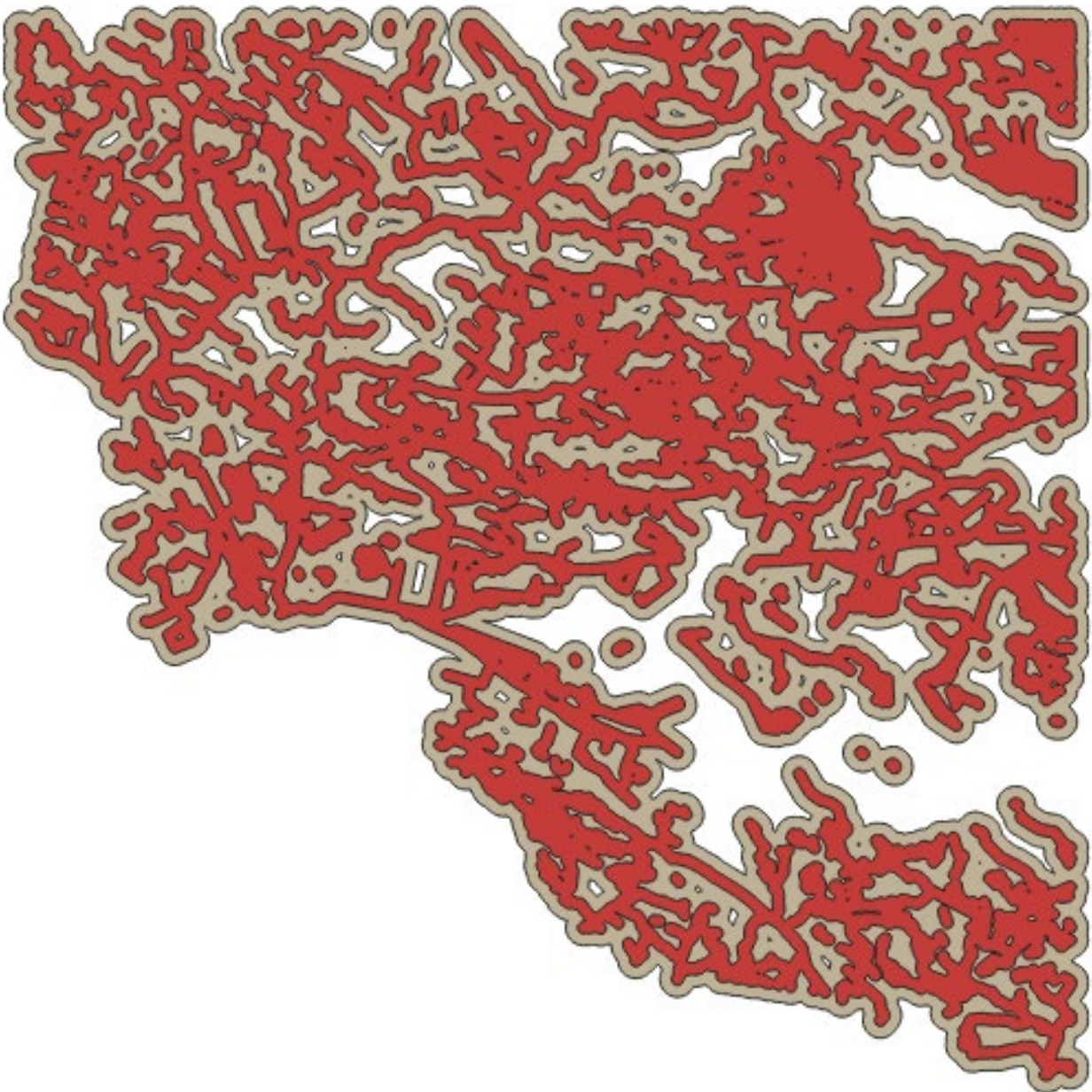
Valitaan puskuroinnin parametrit:

- *Input layer* -> *polttotaso*
- *Distance* -> 200
- *Dissolve result* ->
- Tallennetaan väliaikaisena.

-> *Run*. Tarkistetaan tulos ja nimetään taso uudelleen -> *Rename layer* -> "200"



Kuva 98. Etäisyyden puskurointi.

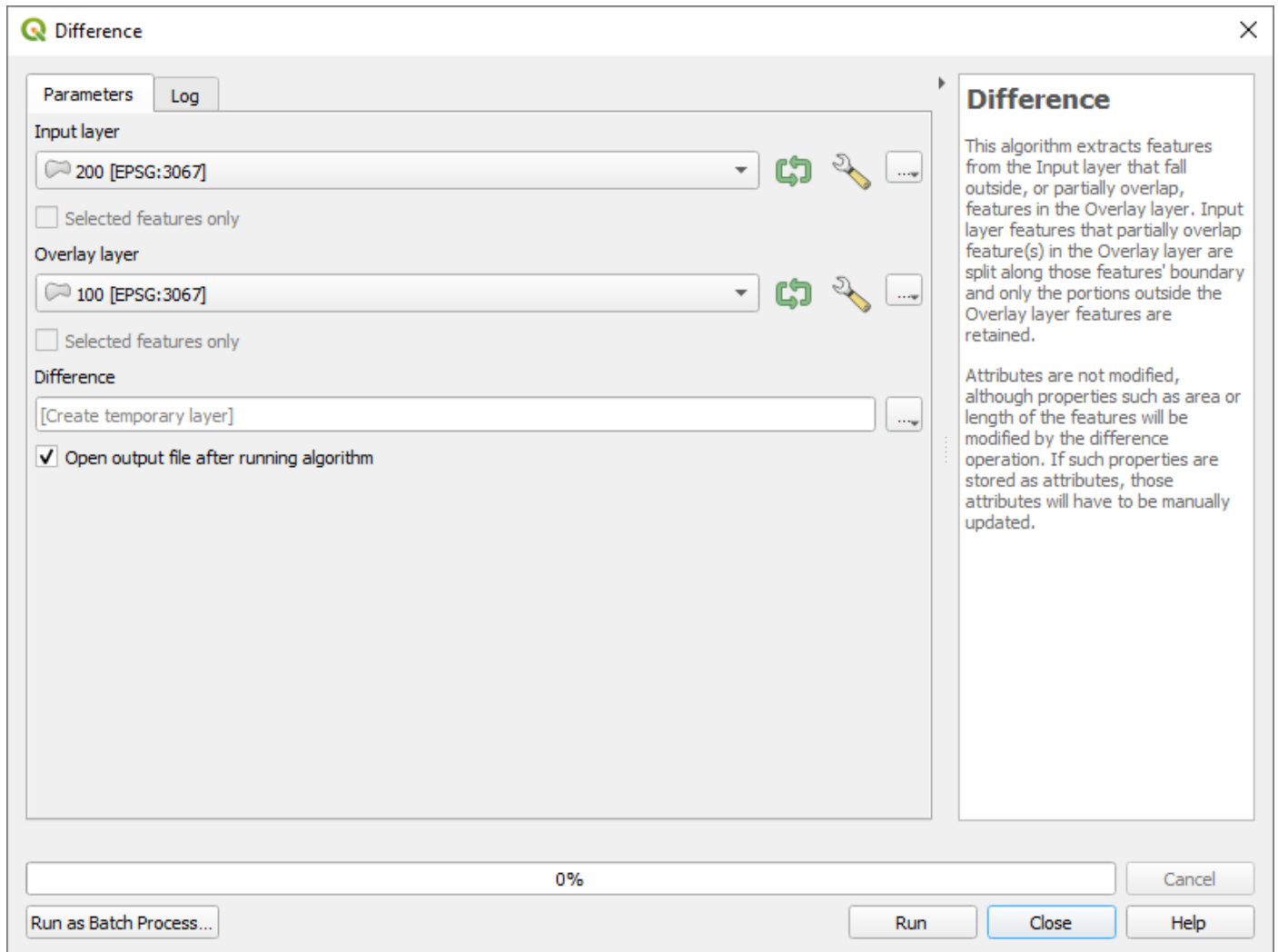


5. Erotetaan tasosta "200" taso "100." Haetaan työkalu. *Processing*-> *Processing toolbox* ->*Vector overlay* -> *Difference*

6. Valitaan erotuksen parametrit:

- *Input layer* -> 200
- *Overlay layer* -> 100
- Tallennetaan väliaikaisena.

-> *Run*.



Kuva 99. Etäisyyden erotuksen parametrit.



Kuva 100. Puskuroinnin erotus.

7. Yhdistetään vektorit. *Processing*-> *Processing toolbox* ->*Vector general* -> *Merge vector layers*

8. Valitaan yhdistämisen parametrit:

- Valitaan yhdistettäväksi *100* ja *difference*
- Tallennetaan tilapäisenä.

-> *Run*.

9. Luodaan riskiarvoa varten uusi kenttä. Avataan tason "*merged*" välilehti. -> *Attribute table* -> *edit* -> *new field*

Valitaan uuden kentän parametrit:

- *Name* -> *R*
- *Type* -> *Whole number (integer)*
- *Length* -> *10*



-> OK.

10. Asetetaan attribuuttitaulukon kautta kentän "R" arvoksi 5 ja 3, etäisyyden mukaisesti. 100 metrille annetaan riskiarvo 5 ja 200 metrille annetaan riskiarvo 3.

11. Korjataan kentän "fid" arvot eriarvoisiksi. **Muuten rasterointi ei toimi.**

fid	R	layer	path
1	5	100	MultiPolygon?c...
2	3	Difference	MultiPolygon?c...

Kuva 101. Riskiarvon asettaminen layer tiedon avulla.

fid	mtk_id	sijaintitarkkuus	aineistolahde	alkupvm	kohderyhma	kohdeluokka	sijainti_piste	handle	block	etype	space
1	28	1960220540	5000	1	29.11.2019	75	44300 {\"type\": \"Point...	NULL	NULL	NULL	NULL
2	28	1960220540	5000	1	29.11.2019	75	44300 {\"type\": \"Point...	NULL	NULL	NULL	NULL

Kuva 102. Riskiarvon voi myös asettaa kiinnittämällä attribuuttitaulukon työtilaan ja maalaamalla kohteen.

12. Muutetaan vektori rasteriksi. Haetaan työkalu. *Processing* -> *Processing toolbox* -> *GDAL* -> *Vector conversion* -> *Rasterize (Vector to raster)*

### 13. Valitaan muunnon parametrit:

- *Input layer* -> "Merged"
- *Field to use a burn-in value [optional]* -> juuri luotu attribuutti "R"
- *Output raster size units* -> Georeferenced units (yksikköjen tulee olla metrejä)
- *Height/ Horizontal resolution* -> 2
- *Width/ Vertical resolution* -> 2
- *Output extent [optional]* -> "yhdistetty\_korkeusmalli"
- *Assign a specified nodata value to output bands [optional]* -> not set
- Tallennetaan nimellä "Etäisyyden\_riski"

Rasterize (Vector to Raster)

Parameters Log

Input layer  
Merged [EPSG:3067]

Selected features only

Field to use for a burn-in value [optional]  
123 R

A fixed value to burn [optional]  
Not set

Burn value extracted from the "Z" values of the feature [optional]

Output raster size units  
Georeferenced units

Width/Horizontal resolution  
2,000000

Height/Vertical resolution  
2,000000

Output extent [optional]  
302000.0000,320000.0000,6732000.0000,6750000.0000 [EPSG:3067]

Assign a specified nodata value to output bands [optional]  
Not set

▼ Advanced Parameters

Additional creation options [optional]  
Profile

Name	Value

0%

Run as Batch Process... Run Close Help

Kuva 103. Etäisyyden muunnon parametrit.

### Maankäyttöluokkakohtaisen ihmistoiminnan aiheuttama riski

Riski lasketaan hyödyntäen maankäyttö ja muutosaluemoduulissa luotua "korjattua maankäyttöä" Jokaiselle luokalle on HULVATUSSA arvioitu luokkakohtainen riski.

**Eritysisalueet tulee arvottaa aluekohtaisesti.** Lausekkeessa on riskiarvo 3.0, mutta sitä voidaan muuttaa joko lausekkeessa itsessään tai myöhemmin käsin attribuuttitaulukon kautta.

1. Tuodaan WSSP-maankäyttötaso (*korjattu\_maankäyttö*) työtilaan.

2. Luodaan riskiarvoa varten uusi kenttä. Avataan tason välilehti. *Attribute table -> Field calculator*

Valitaan uuden kentän parametrit

- *Create a new field* ->
- *Output field name* -> "R"
- *Output field type* -> Decimal Number (real)
- Kopioidaan lauseke kenttälaskimeen:

Kopioitava lauseke:

---

CASE

```
WHEN "m luokka" = 'Väljät asuinalueet' THEN '2.3'  
WHEN "m luokka" = 'Tiiviit asuinalueet' THEN '3.2'  
WHEN "m luokka" = 'Keskusta-alueet' THEN '4.2'  
WHEN "m luokka" = 'Työ- ja teollisuusalueet' THEN '4.0'  
WHEN "m luokka" = 'Palvelualueet' THEN '3.0'  
WHEN "m luokka" = 'Avoimet viheralueet' THEN '1.7'  
WHEN "m luokka" = 'Metsäalueet' THEN '1.3'  
WHEN "m luokka" = 'Liikennealueet' THEN '3.5'  
WHEN "m luokka" = 'Kenttäalueet' THEN '2.0'  
WHEN "m luokka" = 'Maatalousalueet' THEN '3.8'  
WHEN "m luokka" = 'Vesialueet' THEN '0.5'  
WHEN "m luokka" = 'Eriyisalueet' THEN '3.0'
```

END

---

3. Tarkistetaan tulos attribuuttitaulukosta. Tyhjiä arvoja ei pitäisi olla, mikäli ohjeita on noudatettu. Mikäli tyhjiä arvoja on, niin lausekkeessa on virhe tai vektoritasossa on eriäviä parametrejä.

Tämä tarkoittaa sitä, että lauseketta tai vektoritasoa on muunnettava vastaamaan toisiaan. Esimerkiksi maankäyttömuodon tulee olla juuri maatalousalueiden kohdalla "Maatalousalueet". Mikään muu arvo, kuten "maatalousalueet" tai "peltoalueet", ei tuota tulosta.

---

CASE

```
WHEN "attribuutin nimi" = "maankäyttömuoto" THEN "riskiarvo"
```

END

---

4. Muutetaan vektori rasteriksi. *Processing -> Processing Toolbox -> GDAL -> Vector conversion -> Rasterize (Vector to Raster)*

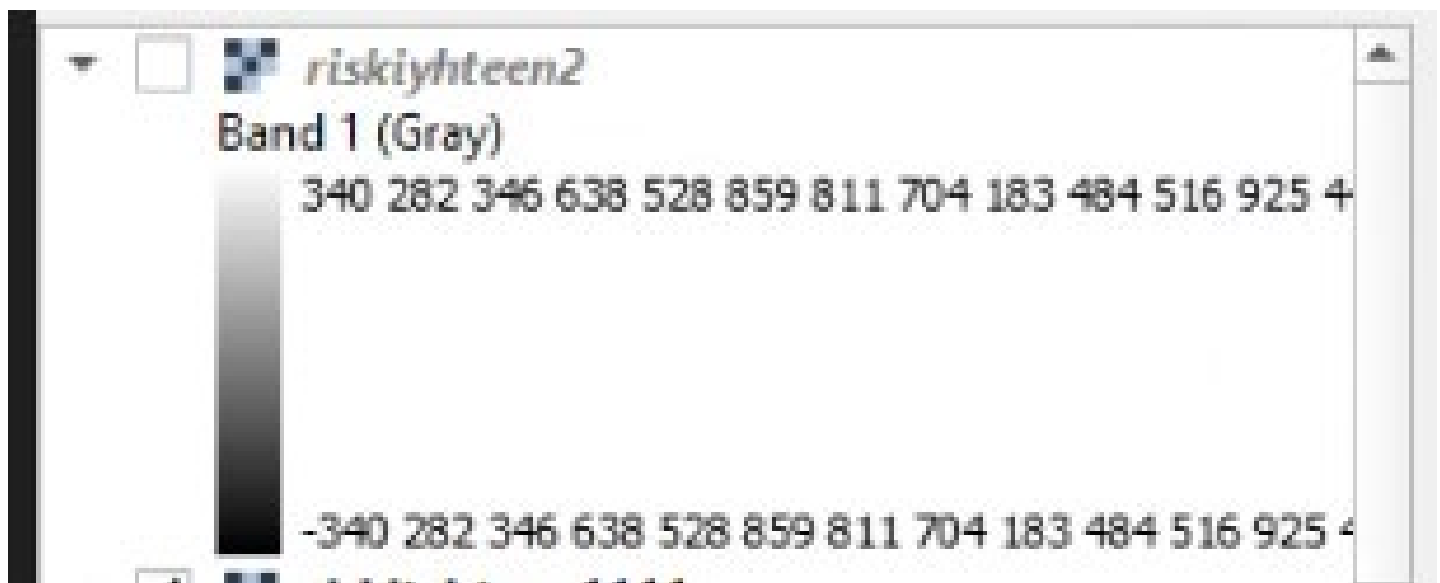
Valitaan muunnoksen parametrit.

- *Input layer* -> "korjattu\_maankäyttö"
- *Field to use a burn-in value [optional]* -> juuri luotu attribuutti "R"
- *Output raster size units* -> Georeferenced units (yksikköjen tulee olla metrejä)
- *Height/ Horizontal resolution* -> 2
- *Width/ Vertical resolution* -> 2
- *Output extent [optional]* -> "yhdistetty\_korkeusmalli"
- *Assign a specified nodata value to output bands [optional]* -> not set
- Tallennetaan nimellä "Ihmistoiminnan\_riski".

### Riskin yhteen laskeminen

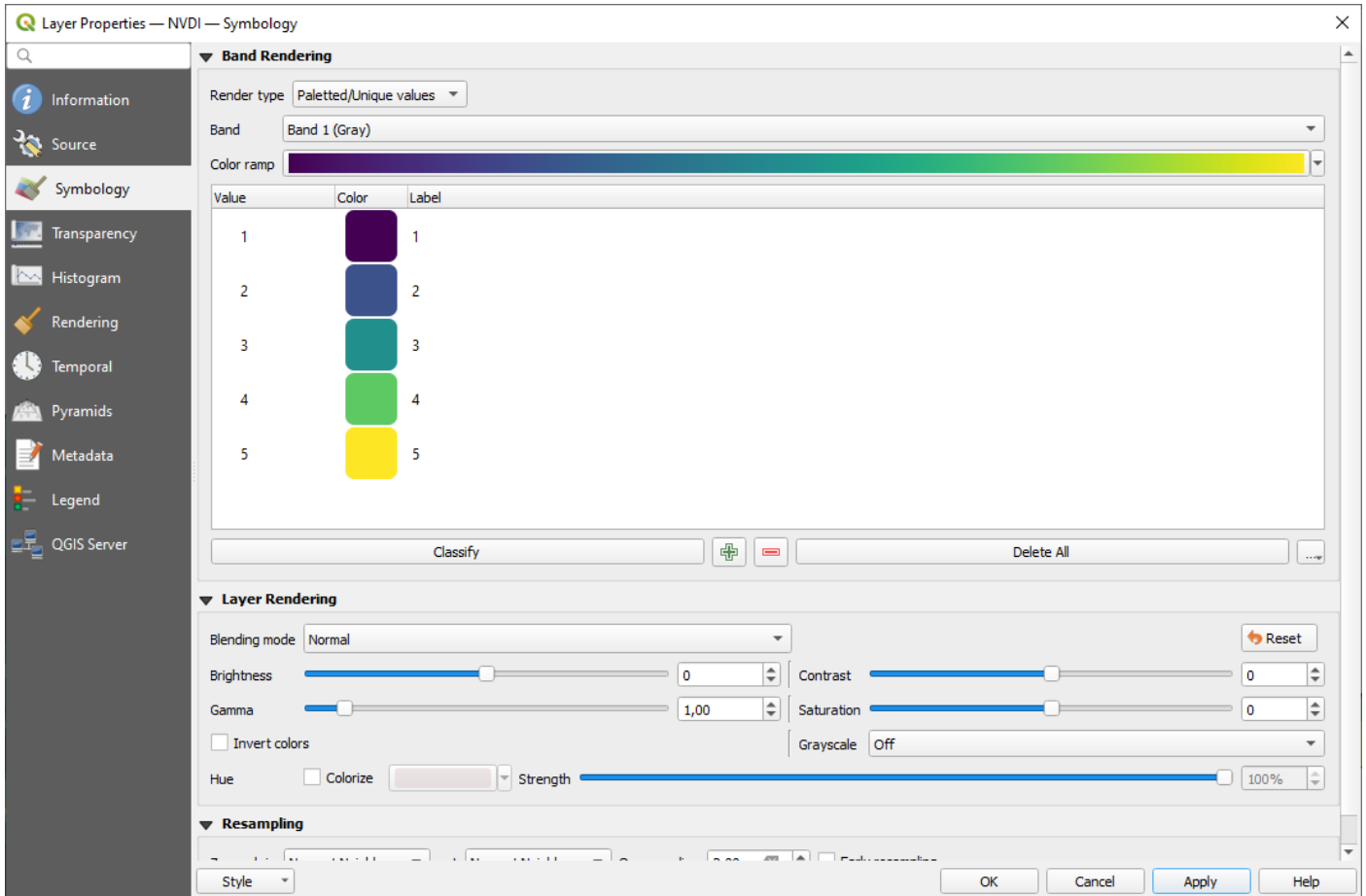
Riskeistä voidaan muodostaa yhtenäinen riskirasteri. Kaksi tai enemmän riskejä voidaan laskea yhteen. Yhteenlaskettuun rasteriin voidaan lisätä arvoja myöhemmin.

1. Tarkastetaan kaikki lasketut riskiä kuvaavat rasteritasot ja luokitellaan ne uudelleen virhearvojen poistamiseksi. (Pilotoinnissa esiintyi joko virhe, tai ominaisuus, jonka luonne jäi selvittämättä. Tämä tuotti virheellisiä laskutuloksia yhteenlaskettaessa). **Toistetaan prosessi jokaiselle tasolle.**



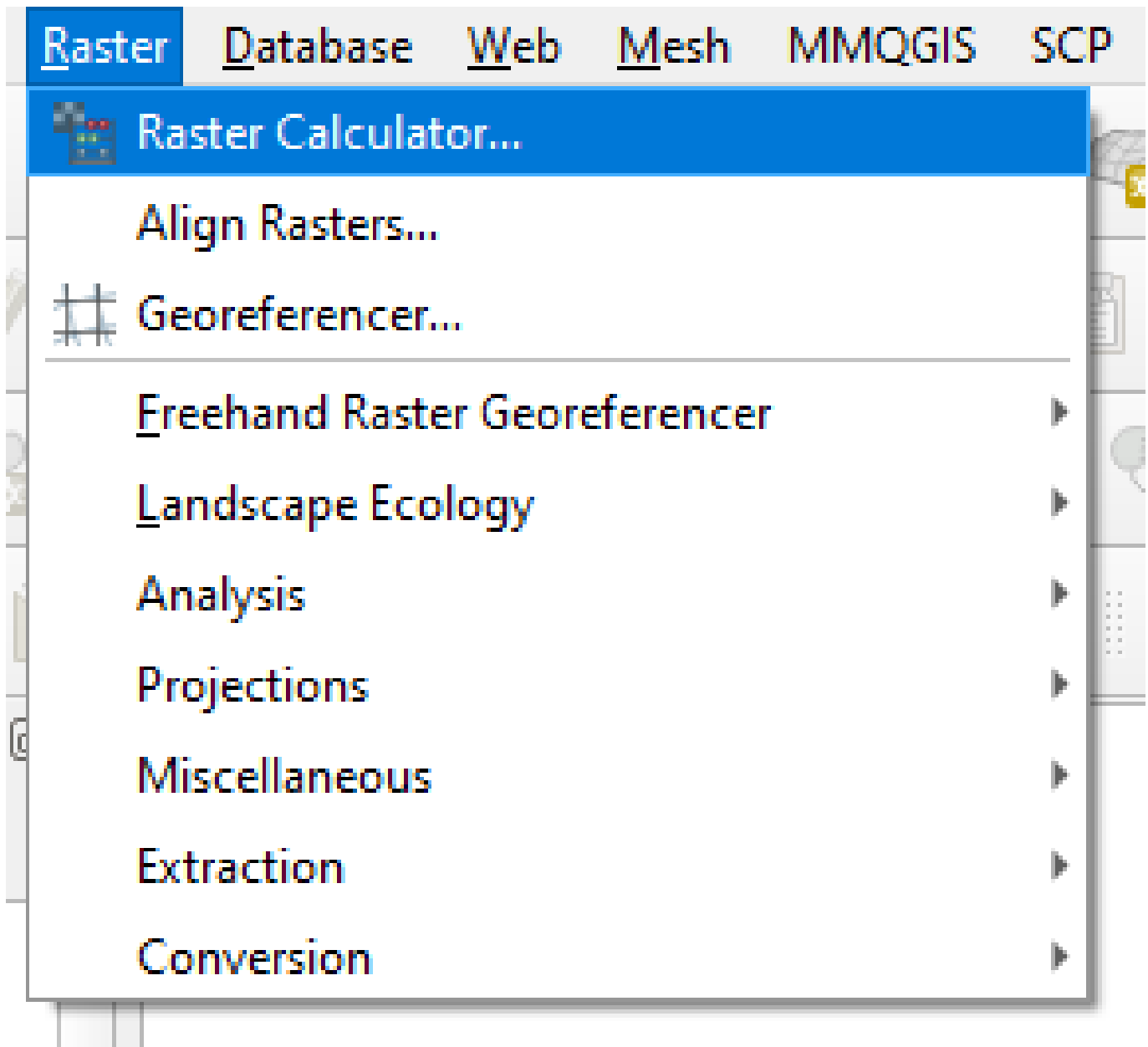
Kuva 104. Virheellinen yhteenlaskun tulos, joka johtuu siitä, että taso tai useampi taso sisältää virheellisiä arvoja.

2. Avataan tarkasteltavan tason välilehti. -> *Properties* -> *Symbology*-> *Render type* -> *Paletted/Unique values* -> *Classify*.



Kuva 105. Rasteritason symbolit

3. Haetaan rasterilaskin työkaluriviltä *Raster-> Raster calculator*



Kuva 106. Rasterilaskin.

#### 4. Valitaan rasterilaskurin parametrit:

- *Raster bands* ja *Operators*-> Valitaan tasot ja asetetaan plusmerkki jokaiseen väliin.
- *Output layer* -> Nimetään yhteenlaskettujen riskitasojen mukaisesti, tunnistettavalla tavalla, "Riski\_ilman\_ilmastoimintaa", tai "Riski\_yhteenlaskettu"
- *Spatial extent* -> Tarkistetaan X ja Y koordinaatit. Koordinaatiston on oltava jaettavissa kahdella.
- *Output CRS* -> Tarkistetaan koordinaattijärjestelmä EPSG:3067, ETRS-TM35FIN
- *Resolution* -> Tarkistetaan hilakoko.

-> Ok.

Raster Calculator
✕

### Raster Bands

- Etaisyys\_riski@1
- IMD\_2018\_010m\_E50N42\_03035\_v020@1
- Ilman\_ihmista@1
- KALTEVUUS\_RISKI@1
- Maapera\_hyd\_joht@1
- NDVI\_Max\_etel@1
- NVDI@1
- Yhd\_korkeusmalli@1
- clipped@1
- ihmisen kanssa@1
- lapaisemattomyys\_riski@1
- maankäyttö\_risk@1

### Result Layer

Create on-the-fly raster instead of writing layer to disk

Output layer:  hia\Anulle WSSP-ohjeita\Kokonaisriski

Output format:

#### Spatial Extent

X min:  X max:

Y min:  Y max:

#### Resolution

Columns:  Rows:

Output CRS:

Add result to project

### Operators

+	*	(	min	IF	cos	acos
-	/	)	max	AND	sin	asin
<	>	=	abs	OR	tan	atan
<=	>=	!=	^	sqrt	log10	ln

### Raster Calculator Expression

```
"KALTEVUUS_RISKI@1" + "maankäyttö_risk@1" + "Etaisyys_riski@1" +
"Maapera_hyd_joht@1" + "lapaisemattomyys_riski@1""NVDI@1"
```

Expression invalid

Kuva 107. Rasterilaskimen parametrit. Kuvassa viimeisen ja toiseksi viimeisen tason väliltä puuttuu plusmerkki, joten lauseke ei ole validi.

5. Mikäli tarpeen, tulosta voidaan muotoilla. **Tämä kohta voidaan ohittaa, mikäli tulosta ei ole tarpeen tarkastella työtilassa, tai siitä ei tehdä taittoa.** Avataan tason välilehti -> *Properties* -> *Symboloy*-> *Render type* -> *Paletted/Unique values* -> *Classify*. -> *Color Ramp* -> *Viridis* tai *Spectral* -> *Invert color ramp* tarpeen vaatiessa.

### Pohjavesialueet ja Happamat sulfaattimaat

Happamat sulfaattimaat voidaan tarkistaa GTK:n rajapinnoista, ja pohjavesialueet SYKEN rajapinnoista. Pohjavesialueet on huomioitava aina tapauskohtaisesti, eikä niille siksi voida antaa riskiarvoa. Happamat sulfaattimaat eivät tuota riskiä, mikäli ne pysyvät luonnontilaisina.

### Tulvariski

Tulvariski hankitaan SYKEN 2023 julkaisemasta hulevesien tulvariskipalvelusta, tai hankitaan konsulttityönä. Tulvariskikartat eivät olleet saavutettavia pilotoinnin aikana. QGIS:n tulvasimulointia ei saatu toimimaan pilotoinnin aikana tyydyttävällä tavalla, ja sidosryhmien etujen mukaisesti.



# HULVATTU WSSP- tietokanta

OPINNÄYTETÖ LIITE 1  
SAMULI RIIHIJÄRVI

## Contents

WSSP-työkalun tietokanta .....	2
WSSP valuma-aluemoduuli .....	2
Yhdistetty korkeusmalli .....	2
Polttotaso .....	2
Poltettu korkeusmalli .....	3
Valuma-alue ja osavaluma-alueet .....	3
WSSP maankäyttö- ja muutosaluemoduulit .....	3
Maankäyttöluokan viitekehys.....	4
Korjaamaton maankäyttö .....	4
Korjattu maankäyttö.....	4
Muutosalueet .....	5
Maankäyttömuodot.....	6
WSSP Riskimoduuli.....	10
Riskiarvo.....	10
WSSP riskiarvon muodostuminen .....	10
Lähteet .....	18

## WSSP-työkalun tietokanta

Tämä dokumentti sisältää kaikki HULVATTU-hankkeessa kehitetyn WSSP-työkalun paikkatietoaineistojen selitykset sekä WSSP-moduulien kuvailut. WSSP-moduulit ovat pääsääntöisesti itsenäisiä kokonaisuuksia, jotka voidaan toteuttaa toisistaan riippumatta. Sidosryhmillä tarkoitetaan HULVATTU-hankkeen sidosryhmiä. Dokumentissa täsmennetään:

- Maankäyttöluokituksen luokittelukriteerit ja maankäyttömuodot
- Muutosalueiden määrittely ja muodostaminen
- Valuma-alueiden määrittelyt ja määrittelyyn vaadittavat tasot
- Riskien kuvaukset ja perustelut

## WSSP valuma-aluemoduuli

Moduuli koostuu osavaluma- ja valuma-alueista, polttamattomasta korkeusmallista, poltetusta korkeusmallista sekä polttotasosta.

Kaupunkimaisten valuma-alueiden muodostamisessa on otettava huomioon hulevesiviemäriverkon peitteisyys. Tässä WSSP hyödyntää menetelmänä niin sanottua polttamista. Polttamisella tarkoitetaan sitä, että korkeusmallin korkeusarvoja lasketaan ennalta määritetyistä kohdista (Lindsay, 2012).

Sidosryhmien resurssien ja tarpeiden takia WSSP:ssä vesiverkko poltetaan samanarvoisesti koko valuma-alueen laajuisesti. Yksinkertaistamisen takia hulevesiviemäriverkosta hyödynnetään ainoastaan sijaintia, ei korkoa, leveyttä tai muuta fyysistä ominaisuutta.

### Yhdistetty korkeusmalli

Formaatti	TIF
Tyyppi	Rasteri
Hilakoko	2 m
Kattavuus	Vapaa/karttalehtijako
Lähtöaineisto(t)	Korkeusmalli 2 m
Koordinaattijärjestelmä	EPSG:3067

Taso koostuu maanmittauslaitoksen KM2 aineiston yhdestä tai useammasta karttalehdestä. Tasosta tuotetaan poltettu korkeusmalli, jota käytetään valuma-alueiden määrittelyssä. Tasoa käytetään lisäksi keskimääräisen kaltevuuden laskemisessa, josta johdetaan kaltevuuden tuottama riski.

### Polttotaso

Formaatti	GPKG
Tyyppi	Vektori
Geometria	Monikulmio
Kattavuus	Yhdistetty korkeusmalli
Lähtöaineisto(t)	MML hydrografia, rakenteet & kunnallinen hulevesiviemäriverkosto
Koordinaattijärjestelmä	EPSG:3067

Polttotaso edustaa koko vesiverkostoa. Tavoitteena on luoda koko vesiverkosta mahdollisimman kattava ja yhtenäinen vektoritaso, johon kuuluvat kaikki vaka- ja virtavedet.

Polttotaso koostuu kunnallisista ja kansallisista aineistoista. Maanmittauslaitoksen maastotietokannan hydrografisista viiva- ja monikulmiomuotoisista kohteista valitaan tarpeen mukaan: Järvivesi (36200), Merivesi (36211), Virtavesi, alle 2 m (36311), Virtavesi 2-5m (36312) ja Virtavesialue (36313). Lisäksi rakenteista tarvitaan: Allas – alue (44300).

Kunnallisesta hulevesiviemäriverkostosta tarvitaan vähintään viiva tai monikulmiomuotoiset vesiverkoston peitteiset osat, kuten rummut ja putket. Lisäksi mukana voi olla erikokoiset avouomat ja muut vesirakenteet. Pistemäiset kohteet kuten kaivot eivät ole tarpeellisia WSSP:sa.

WSSP huomioi vesiverkostosta ainoastaan sijaintitiedon. Mikäli kunnalliset ja kansalliset aineistot eroavat saman uoman suhteen sijainniltaan, voidaan aineistoa korjata digitoimalla. Pilotoinnissa polttotasoa ei korjattu.

Polttotason avulla korkeusmallin korkeusarvoja lasketaan ennalta määritetyistä paikoista. Tasoa hyödynnetään myös etäisyyden aiheuttaman riskin arvioinnissa. Polttoprosessin suoraviivaistamiseksi polttotaso on geometrialtaan monikulmio.

### Poltettu korkeusmalli

Formaatti	TIF
Tyyppi	Rasteri
Hilakoko	2 m
Kattavuus	Yhdistetty korkeusmalli
Lähtöaineisto(t)	Yhdistetty korkeusmalli & Polttotaso
Koordinaattijärjestelmä	EPSG:3067

Taso koostuu maanmittauslaitoksen KM 2 aineistosta, yhdestä tai useammasta karttalehdestä (Yhdistetty korkeusmalli). Tasoon poltetaan polttotason osoittamat uomat. Tasosta määritetään valuma- ja osavaluma-alueet. WSSP:sa käytetty valuma-alueen määrittäjäkalu ei vaadi korkeusmallin täyttämistä.

### Valuma-alue ja osavaluma-alueet

Formaatti	Vapaa
Tyyppi	Vapaa
Geometria/hilakoko	Vapaa/vapaa
Kattavuus	Vapaa
Lähtöaineisto(t)	Poltettu korkeusmalli
Koordinaattijärjestelmä	EPSG:3067

Valuma-alueet ja osavaluma-alueet luodaan tarkoituksenmukaisessa skaalassa vedenjakajien ja lähtöaineiston ehdoilla. Tyyppi on vapaa.

### WSSP maankäyttö- ja muutosaluemoduulit

Moduuli koostuu korjaamattomasta maankäytöstä, korjatusta maankäytöstä ja muutosalueista.

Selkeää standardisoitua hulevesikohtaista maankäyttöluokittelua ei löydetty HULVATTU-hankkeessa. WSSP:n maankäyttöluokittelussa pyrittiin ottamaan huomioon sidosryhmien tarpeet sekä resurssit ja lähtöaineistojen rajoitteet. Tarpeita kartoitettiin pilottikuntien työpajoissa, joissa keskusteltiin maankäyttöluokista. (HULVATTU, 2023) Työpajoissa päätettiin, että WSSP-maankäyttöluokittelun lähtöaineistona käytettäisiin yleiskaavaa (HULVATTU, 2023).

WSSP:n maankäyttö ei kuvaa maailmaa absoluuttisen tarkasti, sillä luokittelua oli karkeistettava sidosryhmien resurssien ja käytettyjen lähtöaineistojen ehdoilla. Maankäytön luokittelun helpottamiseksi eri maankäyttömuodot voivat sisältää siihen kuulumattomia alueita.

Kaupunkityöpajojen lisäksi Kuusiston (2002) & Peltola-Thies (2005) hulevesitutkimusten käyttämät maankäyttöluokittelut auttoivat hahmottelemaan luokkia. Tutkimusten tietoa sovellettiin niiltä osin, kuin se oli sidosryhmien ehdoilla ja valitulla lähtöaineistoilla mahdollista. WSSP:n maankäyttöluokien maankäyttömuodot eivät ole täysin homogeenisiä. Luokan sisällä voi olla vaihtelua esimerkiksi läpäisevän pinnan määrässä ja ihmistoiminnan luonteessa sekä skaalassa.

## Maankäyttöluokan viitekehys

Maankäyttöluokka määrittelee alueet hulevesiin vaikuttavan ihmistoiminnan perusteella. Maankäyttöluokittelun maankäyttömuodot ovat perusteltu kolmen tekijän perusteella:

### 1. Hulevesiin vaikuttava ihmisen toiminta

Jokaisella maankäyttömuodolla on omanlaisensa ihmisen toiminnasta aiheutuva alueellinen vaikutus hulevesiin. Ihmisen toiminta kuormittaa hulevesiä erilaatuisesti ja erimäärissä. Esimerkiksi teollinen toiminta eroaa kuormitukseltaan ja haitta-aineiltaan olennaisesti asuinalueista (Kuntaliitto, 2012 s. 126–127).

### 2. Ihmistoiminnan asettamat rajoitteet hulevesiratkaisuille

Erilainen ihmistoiminta alueella sekä omistussuhteet rajoittavat ja raamittavat hulevesiratkaisuja. Ihmistoiminta luo alueittain toisistaan poikkeavia biofyysisiä ympäristöjä. Yleistäen keskusta- ja teollisuusalueilla esiintyy laajoja läpäisemättömiä pintoja. Palvelualueiden vieressä on tyypillisesti suuria läpäisemättömiä parkkialueita ja nauhamaiset viherrakenteet voivat puuttua kokonaan.

Sosioekonomiset tekijät, kuten omistussuhteet määräävät osin hulevesiratkaisuja ja ohjaavat huleveden hallintaa. Väljillä asuinalueilla on tyypillisesti enemmän omistajia, kuin tehdasalueilla. Samat hulevesiratkaisut eivät välttämättä sovi kaikille alueille, riippuen ihmistoiminnasta ja sosioekonomisista tekijöistä.

### 3. Hulevesien kannalta merkittävä rakentamaton alue

Kaikista maankäyttömuodoissa ei varsinaisesti synny merkittävässä määrin hulevettä. Näitä ovat esimerkiksi (pääpiirteittäin rakentamattomat) WSSP:n mukaiset metsä- ja maatalousalueet sekä avoimet viheralueet. Nämä alueet ovat kuitenkin merkittäviä pintavesien ja hulevesien kannalta, sillä maa- ja metsätalousalueet vaikuttavat tutkitusti vesien laatuun (Ymparisto.fi, 2022-a). Avointen viheralueiden maaperä voi ihmistoiminnan vuoksi tiivistyä, jolloin veden infiltraatio heikkenee (Ward A. 2015, s. 65). Lisäksi nämä rakentamattomat alueet voivat toimia hulevesirakenteiden sijoituspaikkona.

## Korjaamaton maankäyttö

Formaatti	GPKG
Tyyppi	Vektori
Geometria	Monikulmio
Kattavuus	Vapaa/ WSSP valuma-aluemoduuli
Lähtöaineisto(t)	Yleiskaava & WSSP Valuma-alue
Koordinaattijärjestelmä	Vapaa/Kuntakohtainen

Korjaamaton maankäyttö edustaa kaavoitettua maailmaa ja sitä, millaiseksi alue voi muuttua hulevesien kannalta tulevaisuudessa. Kaavan käyttötarkoitusta vastaavasta ominaisuustiedosta johdetaan WSSP maankäytön mukaiset maankäyttömuodot.

## Korjattu maankäyttö

Formaatti	GPKG
Tyyppi	Vektori
Geometria	Monikulmio
Kattavuus	Vapaa/ WSSP valuma-aluemoduuli
Lähtöaineisto(t)	Korjaamaton maankäyttö, Maastotietokanta, Puuston keskipituus 2019 (dm) & Puuston latvuspeittävyys, koko puusto 2019
Koordinaattijärjestelmä	Vapaa/Kuntakohtainen

Korjattu maankäyttö edustaa maailmaa nykyisellään. Täydentämällä korjaamatonta maankäyttöä saadaan todenmukainen kuva maankäytöstä, eli korjattu maankäyttö. Taso muodostetaan korjaamattoman maankäytön, maastotietokannan ja metsätiedon sekä digitoimisen avulla.

Alle 0,5 hehtaarin kohteet sulatetaan osaksi sitä maankäyttömuotoa, jonka kanssa kohde jakaa pisimmän rajan. Alle 0,5 hehtaarin reiät poistetaan ja täytetään. Täytöstä syntyneet kohteet liitetään siihen maankäyttömuotoon, jonka kanssa muoto jakaa pisimmän rajan.

Ilmakuvan avulla korjaaminen ja käsin digitoimisen laajuus on käyttäjästä ja yleiskaavan topologisesta ehjyydestä kiinni. Käyttötarkoitukseen soveltumattoman yleiskaavan muokkaaminen sopivaksi vie aikaa.

### Muutosalueet

Formaatti	GPKG
Tyyppi	Vektori
Geometria	Monikulmio
Kattavuus	Vapaa/ WSSP valuma-alue-moduuli
Lähtöaineisto(t)	Korjaamaton maankäyttö & Korjattu maankäyttö
Koordinaattijärjestelmä	Vapaa/Kuntakohtainen

Muutosalueet ovat niitä alueita, jotka voivat hulevesien kannalta muuttua hydromorfologisilta ominaisuuksiltaan niin paljon, ettei niitä voi pitää enää samana maankäyttömuotona. Muutosalueet luodaan vertaamalla korjaamatonta maankäyttöä ja korjattua maankäyttöä keskenään. Alle 0,5 hehtaarin muutosalueet poistetaan.

## Maankäyttömuodot

Maankäyttöluokka on jaettu 12 eri maankäyttömuotoon.

1. Keskustatoimintojen alueet
2. Työ- ja teollisuusalueet
3. Palvelualueet
4. Kenttäalueet
5. Liikennealueet
6. Väljät asuinalueet
7. Tiiviit asuinalueet
8. Maatalousalueet
9. Avoimet viheralueet
10. Metsäalueet
11. Vesialueet
12. Erityisalueet

Alueet voivat sisältää siihen jonkin verran kuulumattomia maankäyttömuotoja. Kaikki alle 0,5 hehtaarin kohteet sulatetaan osaksi sitä luokkaa, jonka kanssa kohde jakaa pisimmän rajan. Liikennealueita pienempien teiden katsottiin kuuluvan osaksi sitä luokkaa, jonka sisällä tiet kulkevat. Samoin kenttäalueista voidaan katsoa suurimman osan kuuluvan osaksi sitä luokkaa, jonka välittömässä yhteydessä alue on.

### Keskustatoimintojen alueet

Alueet, joissa taajaman palvelut ja asutus ovat keskittyneet alueelle. Näitä alueita ovat kaavassa merkityt keskusta-alueet.

Tyypillisesti läpäisemättömien pintojen määrä on maankäyttöluokan korkein. Läpäisevät pinnat ovat pistemäisiä tai kapeita nauhamaisia nurmialueita. Alueet ovat tehokkaasti hulevesiviemäroityjä. Vanhemmilla keskusta-alueilla voi olla myös sekaviemärointiä (Vesi.fi n.d, & Määttä, Lakka & Kauppinen, 2019).

Hulevesien kuormitusta keskustatoimintojen alueilla tyypillisesti aiheuttaa valumapinnoille joutuvat kiinteät jätteet ja roskat, eläinperäiset sekä kasviperäiset jätteet, rakenteiden ja pintojen korrosio sekä kulkuneuvojen renkaiden ja muiden osien kuluminen. Liikenteestä syntyy myös ilmaperäistä laskeumaa. Alueiden liikenneväyliä voidaan hiekoittaa sekä suolata talvisin. Joissakin keskustoissa voi olla katulämmitys, joka pitää alueen sulana ja vähentää hiekoituksen sekä suoламisen tarvetta, mutta nostaa pintavaluntaa talvisaikaan. (Mustonen, 1986 s. 46 & Kuntaliitto, 2012 s. 125–135). Alueet ovat tehokkaasti kuivattuja ja yleensä hulevesiviemäroityjä. Hulevesien käsittelyn lähtökohtana on, että kiinteistön hulevedet käsitellään tontilla ja että vesiä ei saa johtaa toisen tontille

### Työ- ja teollisuusalueet

Alueet, joissa pääsääntöinen ihmistoiminta liittyy erilaiseen elinkeinoelämään. Kaikki teollinen-, liikekeskus- ja palvelutuotanto kuuluvat ryhmään. Alueiden henkilö- ja tavaraliikenne on vilkasta. Näitä alueita ovat esimerkiksi tehtaot, kauppakeskukset, pajat, korjaamot ja romuttamot sekä polttoaineasemat.

Läpäisemättömien pintojen määrä on tyypillisesti korkea. Alueella on tyypillisesti paljon kattopinta-alaa. Laajoja asfaltti- tai kiviaineskenttiä sekä pysäköintialueita esiintyy suurten rakennusten yhteydessä. Läpäisevien pintojen määrä on tyypillisesti vähäinen. Nauhamainen kasvillisuus ja yksittäiset puut dominoivat laikuittaisia viheralueita. Joutomaita ja pientareita saattaa esiintyä.

Alueet ovat yleensä tehokkaasti kuivattuja ja hulevesiviemäroityjä. Alueen kenttiä voidaan hiekoittaa tai suolata talvisin. Jotkin teolliset toimijat voivat olla ympäristövalvonnan alla. Kevyen liikenteen ohella alueilla voi olla raskasta liikennettä ja toimialan mukaan myös vaarallisten aineiden kuljettamista. Hulevesien käsittelyn lähtökohtana on, että kiinteistön hulevedet käsitellään tontilla ja että vesiä ei saa johtaa toisen tontille

Hulevesien kuormitusta työ- ja teollisuusalueilla aiheuttaa tyypillisesti valumapinnoille joutuvat kiinteät jätteet ja roskat, eläinperäiset sekä kasviperäiset jätteet, rakenteiden pintojen korrosio sekä renkaiden ja kulkuneuvojen

muiden osien kuluminen. Teollisesta toiminnasta, polttamisesta ja liikenteestä syntyy ilmaperäistä laskeumaa. (Mustonen, 1986 s. 46 & Kuntaliitto, 2012 s. 125–135)

#### Palvelualueet

Alueet, jotka pitävät sisällään julkisia tai yksityisiä palveluita. Näitä alueita ovat esimerkiksi koulut, sairaalat, päiväkodit, päivittäistavarakaupat ja kunnalliset palvelut.

Läpäisemättömien pintojen määrä on tyypillisesti korkea. Alueella voi olla paljon kattopinta-alaa ja laajoja pysäköintialueita sekä asfaltoituja pihvoja. Läpäisevät pinnat voivat olla muun muassa murskepintoja tai kasvillisuuden peittämää. Tyypillisesti kasvillisuusalueet ovat pienehköjä ja muodostuvat nauhamaisista tai pistemäisistä puu-, nurmi- ja pensasalueista.

Hulevesien kuormitusta palvelualueilla aiheuttaa tyypillisesti valumapinnoille joutuvat kiinteät jätteet ja roskat, eläinperäiset sekä kasviperäiset jätteet. Rakenteiden ja pintojen korroosio, ilmaperäinen laskeuma liikenteestä sekä liikenteen renkaiden ja kulkuneuvojen muiden osien kuluminen. Alueiden liikenneväyliä ja niihin liittyviä pysäköintialueita voidaan hiekoittaa sekä suolata talvisin. Kevyen liikenteen ohella alueilla voi olla raskasta liikennettä, joka voi kuitenkin olla kohtuullista. (Mustonen, 1986 s. 46 & Kuntaliitto, 2012 s. 125–135). Hulevesien käsittelyn lähtökohtana on, että kiinteistön hulevedet käsitellään tontilla ja että vesiä ei saa johtaa toisen tontille. Alueet ovat tehokkaasti kuivattuja ja yleensä hulevesiviemäroityjä.

#### Kenttäalueet

Alueet, jotka ovat maa tai -kiviainespintaisia, laakeita ja avoimia. Aluetta leimaa lyhyt tai olematon latvuskerros ja esteettömyys sekä tiivistynyt maaperä. Näitä ovat esimerkiksi erilliset pysäköintialueet, sorakentät, ja läjitysalueet.

Läpäisemättömän pinnan määrä vaihtelee materiaalin mukaan. Hulevettä syntyy pinnan materiaalin ja maaperän tiiviuden mukaisesti. Ihmistoiminta alueilla on vaihtelevaa.

Hulevesien kuormitusta kenttäalueilla aiheuttaa valumapinnoille joutuvat kiinteät jätteet ja roskat, eläinperäiset sekä kasviperäiset jätteet, rakenteiden pintojen korroosio sekä liikenteestä syntyvä ilmaperäinen laskeuma ja kulkuneuvojen osien kuluminen. Kasvivaltaisella alueella voi tapahtua rikkakasvien kemiallista poistoa tai torjuntaa. Tällaisella alueella voi olla myös toistuvaa lannoittamista ja kastelua, joka kasvattaa kuormitusta. (Mustonen, 1986 s. 46 & Kuntaliitto, 2012 s. 125–135) Alueet voivat olla hulevesiviemäroityjä.

#### Liikennealueet

Alueet, jotka ovat rakennettuja ja päällystettyjä kulkuväyliä. Merkittävin ihmistoiminta on henkilöliikenne ja tavaraliikenne. Liikennealueita ovat valtatiet ja kantatiet, eli päätieverkko. Lisäksi yleiskaavan mukaiset liikennealueet luokitellaan liikennealueiksi.

Hulevesien kuormitusta liikennealueilla aiheuttaa tyypillisesti valumapinnoille joutuvat kiinteät jätteet ja roskat, eläinperäiset sekä kasviperäiset jätteet. Merkittäviä päästölähteitä ovat erityisesti teiden kuluminen ja korroosio, kulkuneuvojen renkaiden ja muiden osien kuluminen sekä ilmalaskeuma. (Mustonen, 1986 s. 46 & Kuntaliitto, 2012 s. 125–135) Talvisin auraus, hiekoitus ja suolaus vaikuttavat hulevesikuormaan. Vaarallisten aineiden kuljetusta tapahtuu alueilla muita alueita useammin. Liikenteen määrä, erityisesti raskas liikenne sekä liikenteen huono sujuvuus lisää päästöjä huleveteen (Romppanen ym., 2016). Alueet ovat tehokkaasti ylläpidettyjä kuivattuja ja hulevesiviemäroityjä.

#### Väljät asuinalueet

Alueet, joissa pääsääntöisesti asutaan vakituisesti. Alueita dominoivat talot ja niiden pihat sekä puutarhat. Näitä ovat esimerkiksi omakotitalot, rivitalot, paritalot ja näiden tontit.

Alueiden kattopinnat muodostavat mosaiikkimaisen kuvan ja peittävät alleen osan alueesta. Tontit voivat olla osin katettuja. Osa maanpinnasta voi olla asfaltoitua tai kivettyä. Alue pitää tyypillisesti sisällään hoidettuja nurmialueita, puutarhoja sekä puustoa ja pensaita.



Alueen liikennemäärä on tyypillisesti enimmäkseen henkilöliikennettä. Alueiden asukkaat vaikuttavat hulevesien riskeihin moninaisesti. Latvuspeitteisyys ja pihojen hoito on vaihtelevaa. Hulevesien käsittelyn lähtökohtana on, että hulevedet käsitellään tontilla ja että vesiä ei saa johtaa toisen tontille. Alueet ovat tyypillisesti hulevesiviemäroityjä.

Hulevesien kuormitusta väljillä asuinalueilla aiheuttaa valumapinnoille joutuvat kiinteät jätteet ja roskat, eläinperäiset sekä kasviperäiset jätteet, rakenteiden ja pintojen korroosio, ilmaperäinen laskeuma liikenteestä sekä liikenteen renkaiden, kulkuneuvojen muiden osien kuluminen. Autonpesu kesäisin ja hiekoittaminen talvisin lisäävät kuormaa. Lisäksi pihojen ja puutarhojen lannoittaminen sekä torjunta-aineet voivat kuormittaa hulevesiä. (Mustonen, 1986 s. 46 & Kuntaliitto, 2012 s. 125–135)

#### Tiiviit asuinalueet

Alueet, jossa pääsääntöisesti asutaan vakituisesti. Rakennukset ja rakenteet ovat asukkaiden kesken jaettuina. Näitä ovat esimerkiksi luhti- ja kerrostaloalueet. Lisäksi näiden yhteiset välittömässä läheisyydessä sijaitsevat rakenteet, kuten parkkipaikat ja pihavarastot.

Alueiden kattopinnat muodostavat suurehkoja yhtenäisiä kokonaisuuksia. Kookkaat pysäköintialueet esiintyvät rakennuksen yhteydessä. Laajat asfalttipihat ovat väljää asuinalueita yleisempiä ja peittävämpiä. Lämpäisemätöntä pintaa on tyypillisesti enemmän kuin väljän asutuksen alueella.

Lämpäisvää pintaa esiintyy mm. murske- ja nurmialueina. Pensaita ja puita kasvaa yksittäin, nauhamaisesti tai pieninä ryppäinä. Pienet leikkikentät ja puistot ja virkistysalueet laikuttavat aluetta. Taloyhtiöt tyypillisesti ohjaavat asukastoimintaa. Asukkaat vaikuttavat toimintaan moninaisesti. Hulevesien käsittelyn lähtökohtana on, että hulevedet käsitellään tontilla ja että vesiä ei saa johtaa toisen tontille. Hulevesiviemäroinnin laajuus vaihtelee alueittain.

Hulevesien kuormitusta tiiviillä asuinalueilla aiheuttaa: Valumapinnoille joutuvat kiinteät jätteet ja roskat, eläinperäiset sekä kasviperäiset jätteet. Pienten viheralueiden lannoittaminen ja torjunta-aineet voivat kuormittaa hulevesiä. Rakenteiden ja pintojen korroosio, ilmaperäinen laskeuma liikenteestä sekä kulkuneuvojen renkaiden ja muiden osien kuluminen. (Mustonen, 1986 s. 46 & Kuntaliitto, 2012 s. 125–135)

#### Maatalousalueet

Alueet, jotka ovat pääsääntöisesti maatalouden käytössä ja joita leimaa kausittainen maanmuokkaus. Näitä alueita ovat esimerkiksi pellot, laidunmaat, peltolaitumet, kesannot sekä laajat puutarhat ja kasvimaat.

Aluetta leimaa kausittainen maanmuokkaus, lepokaudet, lannoitus ja kasvinsuojeluaineet. Edellä mainittujen tekijöiden laatu ja skaala vaihtelee. Alueet ovat tyypillisesti tehokkaasti kuivattuja ja salaojitus on yleistä. Muutamista rakennuksista ja harvoista teistä syntyvän huleveden määrä on vähäistä. Tyypillisesti alueilla ei ole suuria lämpäisemättömiä pintoja, eivätkä maatalousalueet yleensä ole hulevesiviemäroityjä.

Maatalousalueilla ei pääsääntöisesti synny hulevettä. Hulevesiä ovat rakennettujen alueiden sade-, sulamisvedet, joita johdetaan pois rakenteiden pinnoilta (Kuntaliitto, 2012, s. 10). Sen sijaan maatalousalueilta syntyy vesien hajakuormitusta (MTK, 2021). Peltovaltaisilla maatalousalueilla maanmuokkauksien takia pelto jää pitkäksi ajanjaksoksi ilman kasvillisuutta. Avoin mullos on herkkä erityisesti syys- ja talvisateille, jolloin pintavalunnan mukana kulkee paljon kiintoaineita. (Ymparisto.fi, n.d)

Hulevesien kuormitusta aiheuttaa vähäisissä määrin valumapinnoille joutuvat kiinteät jätteet ja roskat, eläinperäiset sekä kasviperäiset jätteet. Muutamien rakenteiden ja pintojen korroosio sekä kuluminen. Peltokoneiden käyttö aiheuttaa ilmaperäistä laskeumaa, lisäksi renkaiden ja muiden osien kulumisesta aiheutuu päästöjä. (Mustonen, 1986 s. 46 & Kuntaliitto, 2012 s. 125–135)

## Avoimet viheralueet

Alueet, jotka ovat avoimia, kasvipeitteisiä ja vähälatvuspeitteisiä. Tyypillisiä toimintoja alueille ovat virkistyskäyttö sekä erilaiset tapahtumat. Näitä alueita ovat esimerkiksi: Puistot, niityt, hautausmaat, urheilukentät.

Alueiden pinnat ovat hyvin vettäläpäiseviä. Alueet ovat avoimia, eli joko täysin tai osaksi puuttomia. Avoimilla viheralueilla ei tyypillisesti synny paljon hulevettä, sillä hulevesi on rakennetuille alueille ominainen ilmiö. On kuitenkin huomioitava, että ihmistoiminnan myötä maanpinta voi kuitenkin tiivistyä, mikä vaikuttaa olennaisesti veden infiltraatioon (Ward A. 2015, s. 65). Alueiden yhteydessä voi esiintyä myös tyypillisesti kenttäalueita tai rakenteita, joissa hulevettä syntyy.

Hulevesien kuormitusta avoimilla viheralueilla aiheuttaa vähäisissä määrin valumapinnoille joutuvat kiinteät jätteet ja roskat, eläinperäiset sekä kasviperäiset jätteet. Harvojen rakenteiden ja pintojen korroosio sekä kuluminen. Urheilukentät voivat olla muovipäälysteisiä, jolloin mikromuovia siirtyy ympäristöön. Niittyalueet voivat olla monikäyttöisiä ja toimia esimerkiksi talvisin lumenkaatopaikkana. Viheralueiden lannoittaminen sekä torjunta-aineet voivat kuormittaa hulevesiä. (Mustonen, 1986 s. 46 & Kuntaliitto, 2012 s. 125–135; Ymparisto.fi 2022-b)

## Metsäalueet

Alueet, joiden maan pintaa peittää latvuskerros. Alueiden tulee olla latvuspeitteisyydeltään yli 10 % ja kasvuston keskikorkeuden yli 5 metriä. Alueiden tulee olla vähintään 20 metriä leveitä 0,5 ha laajoja katkeamattomia kokonaisuuksia. Metsäalueet on muodostettu FAO:n (n.d.) määritelmää mukaillen. FAO:n (n.d.) määritelmästä poiketen leveyttä on pudotettu 25 metristä 20 metriin johtuen WSSP:sa käytetyn LUKE:n lähtöaineiston hilakoosta.

Metsäalueilla ei tyypillisesti synny hulevesiä. Hulevesiä ovat rakennettujen alueiden sade-, sulamisvedet, joita johdetaan pois rakenteiden pinnoilta (Kuntaliitto, 2012, s. 10). Sen sijaan metsäalueella syntyy vesien hajakuormitusta, niin luonnontilaisista metsistä kuin metsätaloudenkin seurauksena. Hakkuut, lannoitus ja metsäteiden rakentaminen voivat aiheuttaa väliaikaista vesistökuormitusta. Metsätalouden toimenpiteistä erityisesti ne, jotka kasvattavat eroosiota, kuten virtaaman kasvu ja maan paljastuminen voivat aiheuttaa ravinne- sekä kiintoainekuormitusta. (MTK, 2020).

Alueella voi olla muutamia rakenteita, kuten teitä ja rakennuksia, joissa hulevettä syntyy. Hulevesien kuormitusta aiheuttaa vähäisissä määrin valumapinnoille joutuvat kiinteät jätteet ja roskat, eläinperäiset sekä kasviperäiset jätteet. Muutamien rakenteiden ja pintojen korroosio sekä kuluminen. Metsäkoneiden käyttö aiheuttaa ilmaperäistä laskeumaa, lisäksi renkaiden ja muiden osien kulumisesta aiheutuu päästöjä. (Mustonen, 1986 s. 46 & Kuntaliitto, 2012 s. 125–135)

## Vesistöalueet

Alueet, jotka ovat veden peitossa. Kaikki kaavanmukaiset sekä maastotietokannan vaka- ja virtavesialueet luetaan kuuluvaksi luokkaan. Näitä ovat esimerkiksi meri- järvi-, lampi- kanava ja virtavesialueista joet sekä kaavan vesialueet. Vesialueella ei synny hulevettä, sillä hulevesi on rakennetuille alueille ominainen ilmiö

## Erytisalueet

Alueet, jotka paikkatuntemuksen tai muun lähteen perusteella jäävät aiemmin mainittujen luokkien ulkopuolelle. Näitä alueita ovat esimerkiksi lentokentät ja raviradat sekä vanhat kaatopaikat.

Erytisalueet ovat alueita, jotka ovat niin merkittäviä ja uniikkeja hulevesien kannalta, ettei niitä ole järkevä luokitella mihinkään aiempaan luokkaan. Erytisalueita on aina tarkasteltava tapauskohtaisesti.

## WSSP Riskimoduuli

Moduuli koostuu kuudesta arvotettavasta riskistä ja kahdesta tapauskohtaisesti arvioitavasta riskistä.

Hulevesiin kohdistuva riskiluokittelu kehitettiin aiempien tutkimusten, avointen aineistojen ja sidosryhmien palautteen ja ehtojen perusteella. WSSP:sa yhdistetty riskikartta muodostuu kuudesta tekijästä, joille jokaiselle annetaan arvo 0–5 välillä. Nämä arvotettavat riskit lasketaan lopuksi yhteen, jolloin saadaan yhdistetty riskikartta. Pohjavesialueet ja happamat sulfaattimaat, jotka tulee huomioida hulevesien turvallisuus pohjaisessa hallinnassa, ei anneta riskiarvoa, eikä niitä lasketa yhdistettyyn riskikarttaan.

Riskimoduulin tavoitteena on tunnistaa ne alueet, jossa riskiä esiintyy ja täsmentää hulevesiratkaisuja resurssiviisaasti.

### Riskitekijät

- Keskimääräinen kaltevuus [MML]
- Etäisyys vastaanottavaan vesiverkkoon [MML, vesilaitoksen hulevesiviemärijärjestelmä]
- (TIA) Lämpäisemättömyys [EAA]
- (NVDI) kasvipeitteisyys [SYKE]
- Maaperän hydrologinen johtavuus [GTK]
- Ihmistoiminta [Kuntakohtainen yleiskaava]

### Arvioitavat riskit

- Pohjavesialueet [SYKE]
- Happamat sulfaattimaat [GTK]

### Riskiarvo

Riskiarvot keskimääräisen kaltevuuden ja etäisyyden vastaanottavaan vesistöön osalta, on perusteltu hulevesitutkimusten arvoilla. Näiden arvot on lainattu suoraan tutkimuksista, joissa konteksti voi olla erilainen, kuin WSSP:sa. Keskimääräisen kaltevuuden riskiarvot lainattiin suoraan purojen raskasmetallitutkimuksesta (Kuusisto, 2002, s. 1). Etäisyys vastaanottavaan vesiverkkoon lainattiin suoraan klooriamiinitutkimuksesta (Gaafar ym., 2015, s. 1).

Lukuun ottamatta ihmistoiminnasta muodostuvaa riskiä, riskit ovat suoria uudelleenluokitteluja. (TIA) Lämpäisemättömyys on luokiteltu prosenteista 0–100 % uudelleen riskiarvoiksi 0–5. (NVDI) kasvipeitteisyys on luokiteltu uudelleen 0–200 asteikosta asteikoille 0–5. Maaperän hydrologinen johtavuus on skaalattu GTK:n (n.d.) vedenjohtavuusarvoista 1–3 uudelleen riskiarvoiksi 0–5. Ihmistoiminnasta syntyvä riski perustuu HULVATTU työryhmän sisäiseen arviointiin siitä, kuinka suuri ihmistoiminnan tuottama riski on WSSP-maankäyttöluokissa (HULVATTU, 2023)

Yhdistetyn riskikartan kokonaisriskiarvot ovat sumeita lukuja. WSSP:n käyttäjän tulee arvioida käytettyjä riskiarvoja ja karttatasoja kriittisesti, sekä hyödyntää omaa paikallistuntemusta alueesta tehdessään päätöksiä huleveden turvallisuus pohjaisesta hallinnasta. On mahdollista, että eri haitta-aineet ja -haittatekijät skaalautuvat eri tavalla riskitekijöiden mukaan.

### WSSP riskiarvon muodostuminen

WSSP:n riskiluokitus perustuu kestäviin ekologisiin hajautettuihin hulevesiratkaisuihin. Esimerkiksi sosiokulttuurilliset ja kunnossapidon arvot eivät välttämättä näy WSSP-riskin määrittämisessä. WSSP:n riskiluokitus ei nykyisessä muodossaan huomioi esteettisiä arvoja ja kulttuurisesti merkittäviä suojelukohteita tai kriittistä infrastruktuuria.

Riskin määrittely perustuu siihen, että huleveden hallinnassa on päämääränä Kuntaliiton (2012 s. 20) mukaiset tavoitteet:

- huleveden laatua ja laatutekijöitä tulee parantaa

- huleveden määrää tulee vähentää
- hulevesiä tulee viivyttaa ja imeyttää hulevesitulvien ehkäisemiseksi sekä laadun parantamiseksi
- hulevettä tulee hyödyntää paikallisesti

Kaikki ne tekijät, jotka voivat vaikuttaa negatiivisella tavalla näihin tavoitteisiin voivat tuottaa riskiä.

#### Kaltevuus

Formaatti	TIF
Tyyppi	Rasteri
Hilakoko	2 m
Kattavuus	Vapaa/karttalehtijako
Lähtöaineisto(t)	Maaperä 1:20 000/1:50 000
Koordinaattijärjestelmä	EPSG:3067

Kuvaa hilan keskimääräistä interpoloitua kaltevuutta. Kaltevuus vaikuttaa valumakertoimeen ja mahdollisiin hulevesiratkaisuihin sekä kasvattaa eroosiota (Kuntaliitto, 2012, s. 92 & LUKE, 2015). Riski kasvaa täten kaltevuuden noustessa. Riskiarvo on jaettu Kuusisto (2002, s. 22) mukailleen kolmeen riskiluokkaan:

Tasainen (0–1°) josta saadaan 0 riskiarvo

Kalteva (1–4°) josta saadaan 3 riskiarvo

Hyvin kalteva (< 4°) josta saadaan 5 riskiarvo

#### Maalajin hydrologinen läpäisevyys

Formaatti	TIF
Tyyppi	Rasteri
Hilakoko	2 m
Kattavuus	Vapaa/karttalehtijako
Lähtöaineisto(t)	Maaperä 1:20 000/1:50 000
Koordinaattijärjestelmä	EPSG:3067

Kuvaa maaperän hydrologista läpäisevyyttä. Hydrologinen läpäisevyys on suoraan kytköksissä veden infiltraatioon (Ward A. 2015, s. 65). Täten riski kasvaa maaperän hydrologisen läpäisevyyden vähentyessä.

WSSP riskiluokittelu ei ota huomioon muita veden infiltraatioon vaikuttavia tekijöitä, kuten maalajin paksuutta, mikro- ja makrobiologista toimintaa, lämpötilaa, kuivuusjaksoja tai pohjamaalajia (Ward A. 2015, s. 65).

Vedenjohtavuuden luokittelu pohjautuu GTK (n.d). mukaisiin luokitteluihin maalajeista.

Kaikille GTK:n määrittämille Maaperä 1:20 000 –pintamaalajiluokille, ei ole annettu vedenjohtavuusarvoa GTK (n.d) Yhteenveto maalajien soveltuvuudesta eri käyttötarkoituksiin – dokumentissa. Näille maalajeille on annettu arvo WSSP:sa tapauskohtaisesti. Lisäksi joillakin maalajeilla on liukuvia arvoja. Näissä tapauksissa on käytetty aina korkeampaa vedenjohtavuutta WSSP riskiarvon muodostamisessa.

1 = Huonosti vettä läpäisevä maalaji, josta saadaan riskiarvo 5

2 = Kohtuullisesti vettä läpäisevä maalaji, josta saadaan riskiarvo 3

3 = Hyvin vettä läpäisevä maalaji, josta saadaan riskiarvo 0

Taulukko 1. WSSP-maalajien muunnostaulukko HL=Hydrologinen läpäisevyys

PINTAMAALAJI	HL-GTK	HL-WSSP
Hienoainesmoreeni (HMr) RT	1	5
Kalliomaa (Ka) RT	1	5
Kartoittamaton (0)	1	5
Lieju (Lj) RT	1	5
Liejuhiesu (LjHs) RT	1	5
liejuinen Hiekka (LjHk) RT	1	5
liejuinen hieno Hieta (LjHHT) RT	1	5
liejuinen Hieta (karkea) (LjHt) RT	1	5
Liejusavi (LjSa) RT	1	5
Rakka (RaKa) RT	1	5
Rapakallio (RpKa) RT	1	5
Savi (Sa) RT	1	5
Turvetuotantoalue (Tu) RT	1	5
Täytemaa (Ta)	1	5
Hiekkamoreeni (Mr) RT	2	3
hieno Hiekka (HHk) RT	2	3
hieno Hieta (HHt) RT	2	3
Hiesu (Hs) RT	2	3
karkea Hieta (KHt) RT	2	3
Rahkaturve (St) RT	2	3
Saraturve (Ct) RT	2	3
Soramoreeni (SrMr) RT	2	3
Hiekka (Hk) RT	3	0
Kiviä (Ki) RT	3	0
Lohkareita (Lo) RT	3	0
Sora (Sr) RT	3	0
Vesi (Ve)	3	0

Etäisyys valuntaverkkoon

Formaatti	TIF
Tyyppi	Rasteri
Hilakoko	2 m
Kattavuus	Vapaa/karttalehtijako/
Lähtöaineisto(t)	Polttotaso
Koordinaattijärjestelmä	EPSG:3067

Kuvaa etäisyyden tuottamaa riskiä. Alueet, jotka ovat lähempänä valuntaverkkoa voivat laskea haitta-aineita ja -tekijöitä nopeammin sekä runsaammin purkuvesistöön. Gaafar ym., (2019 s. 17 mukaan Aydi 2018). Riski vähenee etäisyyden kasvaessa valuntaverkkoon. Riskiarvo on jaettu Gaafar ym., (2019, s. 14) mukailleen kolmeen riskiluokkaan.

< 100 m, josta saadaan riskiarvo 5

100–200 m, josta saadaan riskiarvo 3

> 200 m, josta saadaan riskiarvo 0

(TIA) Lämpäsemättömyys

Formaatti	TIF
Tyyppi	Rasteri
Hilakoko	2 m
Kattavuus	Vapaa/karttalehtijako
Lähtöaineisto(t)	Imperviousness
Koordinaattijärjestelmä	EPSG:3067

Kuvaa lämpäsemättömyyden aiheuttamaa riskiä. Lämpäsemättömyys on kytköksissä suoraan huleveden määrään sekä haitta-aine ja -tekijä kuormitukseen (Kuntaliitto, 2012, s. 131, 134). Lämpäsemättömyys lasketaan WSSP:sa TIA:n arvoja käyttäen. Riskiarvo on luokiteltu prosentteista uudelleen viiteen eri riskiluokkaan.

100–80 %, josta saadaan riskiarvo 5

80–60 %, josta saadaan riskiarvo 4

60–40 %, josta saadaan riskiarvo 3

40–20 %, josta saadaan riskiarvo 2

20–0 %, josta saadaan riskiarvo 1

0 %, josta saadaan riskiarvo 0

(NVDI) Kasvipeitteisyys

Formaatti	TIF
Tyyppi	Rasteri
Hilakoko	2 m
Kattavuus	Vapaa/karttalehtijako
Lähtöaineisto(t)	NDVI:n maksimiarvo v.2021
Koordinaattijärjestelmä	EPSG:3067

Kuvaa kasvipeitteisyyden puutteen aiheuttamaa riskiä. Kasvipeitteisyys lisää haihduntaa ja kasvillisuuden juuristo lisää imeytymistä (Ward A. 2015, s. 65). Kasvipeitteisyyden vähetessä riski kasvaa.

Kasvipeitteisyyden riski on temporaalinen ja edustaa ainoastaan lähtöaineistosta laskettua riskiarvoa. Kasvipeitteisyyteen vaikuttavat tekijät, kuten vuodenaika ja ilmasto-olosuhteet eivät ole huomioituna WSSP:sa. NVDI:n arvot ovat käytetyssä SYKE:n (2021) aineistossa skaalattu -1–1 asteikolta uudelleen asteikolle 0–200. Tämä muunnos on huomioitu WSSP-ohjeissa. Riskiarvo on luokiteltu mikrometreistä uudelleen viiteen eri riskiluokkaan.

-1–0,2 µm = (0–120), josta saadaan riskiarvo 5

0,2–0,4 µm = (120–140), josta saadaan riskiarvo 4

0,4–0,6 µm, (140–160), josta saadaan riskiarvo 3

0,6–0,8 µm, (160–180), josta saadaan riskiarvo 2

0,8–1 µm, (180–200), josta saadaan riskiarvo 1

1 µm > (200–2000), josta saadaan riskiarvo 0

#### Ihmistoiminta

Formaatti	TIF
Tyyppi	Rasteri
Hilakoko	2 m
Kattavuus	Vapaa/karttalehtijako
Lähtöaineisto(t)	Korjattu maankäyttö
Koordinaattijärjestelmä	EPSG:3067

Kuvaa ihmisen toiminnasta aiheutuvaa hulevesiin kohdistuvaa riskiä. HULVATTU-hankkeen työryhmä arvioi ihmistoiminnan riskiä kuudella tekijällä. Ihmistoiminnan tuottama riski on kuvailtu tarkemmin HULVATTU 2023 loppuraportissa. Jokaiselle maankäyttömuodolle on arvioitu luokakohtainen riski asteikolla 0–5.

Taulukko 2. Ihmistoiminta. Lyhenteet: VA=Väljät asuinalueet TA=Tiiviit asuinalueet KA=Keskusta-alueet TTA=Työ-teollisuusalueet PA=Palvelualueet AV=Avoimet viheralueet MA=Metsäalueet LA=Liikennealueet KA=Kenttäalueet MA=Maatalousalueet VA=Vesistöalueet EA=Erityisalueet

Riskitekijä	VA	TA	KA	TTA	PA	AV	MA	LA	KA	MA	VeA	EA
Tila, mahtuminen	1	4	5	4	3	1	0	4	2	0	0	1
Laatu, kiintoaine	2	4	5	5	4	1	1	4	2	5	0	4
Laatu, haitta- aineyhdisteet	2	3	4	4	3	1	1	4	2	5	0	3
Hallinnoijan osaaminen ja vastuu	4	2	3	2	2	0	0	0	2	4	1	4
Satunnaiskäyttäjät	4	4	5	5	3	3	1	4	1	4	1	2
Päätöksentekijöiden määrä suhteessa pinta- alaan	1	2	3	4	3	4	5	5	3	5	1	4
Keskiarvo	2	3	4	4	3	2	1,3	4	2	3,8	0,5	3



#### Yhdistetty riskikartta

Formaatti	TIF
Tyyppi	Rasteri
Hilakoko	2 m
Kattavuus	Vapaa/karttalehtijako
Lähtöaineisto(t)	Kaltevuus, Maalajin hydrologinen läpäisevyys, Etäisyys valuntaverkkoon, (NVDI) Kasvipeitteisyys, (TIA) Läpäisemättömyys, Ihmistoiminta
Koordinaattijärjestelmä	EPSG:3067

Yhdistetty riskikartta kokoa arvoitettavat riskit. Tason avulla nähdään missä suurin yhteenlaskettu riski sijaitsee. Taseon voidaan sisällyttää kaikki tai vain osa riskitekijöistä.

#### Pohjavesialueet

Formaatti	-
Tyyppi	-
Geometria/hilakoko	-
Kattavuus	-
Lähtöaineisto(t)	-
Koordinaattijärjestelmä	-

Pohjavesialueita säätelevät eri lait ja määräykset ja vesihankkeet voivat vaatia AVI:n lupaa (Kuntaliitto 2012 s 22). Pohjavesialueet tarkastetaan WSSP:sa limittäisyyden mukaan. Riskiarvoa ei voida antaa, koska pohjavesialueella riski on arvioitava aina pohjavesialuekohtaisesti. Pohjaveden laatu voi kärsiä hulevesien imeyttämisestä, mutta mikäli vettä johdetaan alueelta pois, voi vedenpinnanlasku aiheuttaa myös ongelmia (Kuntaliitto, 2012, ss. 24–26).

Pohjavesialueiden sijainti löydetään muun muassa [SYKE:n rajapinnoista](#).

#### Sulfaattimaat

Formaatti	-
Tyyppi	-
Geometria/hilakoko	-
Kattavuus	-
Lähtöaineisto(t)	-
Koordinaattijärjestelmä	-

Suomessa happamat sulfaattimaat sijaitsevat rannikon seudulla. Sulfaattimaat vaikuttavat rakentamisen aikaisiin päästöihin ja rakenteiden sijoitteluun (Autiola ym., 2022 s. 75, 79). Sulfaattimaat tarkastetaan WSSP:sa limittäisyyden mukaan. Riskiarvoa ei voida antaa, koska happamat sulfaattimaat eivät luonnontilaisena aiheuta riskiä hulevesille (Autiola ym., 2022 s. 27).

Sulfaattimaiden sijainti löydetään [GTK:n rajapinnoista](#).

#### Tulvariski

Formaatti	-
Tyyppi	-
Hilakoko	-
Kattavuus	-
Lähtöaineisto(t)	-
Koordinaattijärjestelmä	-

WSSP:ta pilotoitaessa havaittiin tulvariskin laskemisen olevan erittäin työvoimaintensiivinen prosessi. Näin ollen tulvariskin laskemista ei otettu osaksi WSSP:tä. On sidosryhmien etujen mukaista, että tulvariski hankitaan 2023 julkaistavasta SYKE:n (n.d.) karttapalvelusta, tai muusta vastaavasta rajapinnasta.

### Muut riskit ja kuntakohtaiset erityistarpeet

Tarkasteltavassa kunnassa voi olla myös joitain muita muuttujia, paikallisolosuhteita sekä riskejä, jotka täytyy ottaa huomioon. Riskejä voidaan liittää harkinnanvaraisesti osaksi WSSP-riskiä. Näitä riskejä ovat muun muassa:

- Arseenimaat
- Kriittinen tai herkkä infrastruktuuri
- Sosiokulttuuriset- ja maisemasuojelukohteet
- Ympäristövalvontakohteet
- PIMA-alueet
- Luonnon monimuotoisuuden kannalta tärkeät vesiympäristöt ja luonnonsuojelukohteet
- Rakennustyömaat
- Vedenhankintakohteet
- Uimarannat
- Sekaviemärialueet
- Kunnossapito/kuntoluokitus
- Pohjaveden pinnankorkeus

## Lähteet

- Autiola M., Suonperä S., Suvanto S., Napari M., Nylund M., Kupiainen V., Vienonen V., Forsman J., Suikkanen T., Auri J., Boman A. & Mattbäck S. (2022). *Happamien sulfaattimaiden kansallinen opas rakennushankkeisiin*. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-222-8>
- Aydi A. (2018). Evaluation of groundwater vulnerability to pollution using a GIS-based multi-criteria decision analysis. *Groundwater for Sustainable Development* 7. 204–211. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2018.06.003>
- FAO. (n.d). *2 Definitions of Forest, other land uses, and Trees outside forests*. Haettu 15.2.2023 osoitteesta [https://www.fao.org/3/ad665e/ad665e03.htm#P199\\_9473](https://www.fao.org/3/ad665e/ad665e03.htm#P199_9473)
- Gaafar M., Shereif H., Thian Y. Gan E. & Davies G. (2019). A practical GIS-based hazard assessment framework for water quality in stormwater. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118855>
- GTK. (n.d). *Yhteenveto maalajien soveltuvuudesta eri käyttötarkoituksiin*. Haettu 10.2.2023 osoitteesta <http://weppi.gtk.fi/aineistot/mp-opas/kuvausjasoveltuvuus.htm>
- HULVATTU. (2023). [Julkaisematon lähde]
- Kuntaliitto. (2012). Hulevesiopas. <https://www.kuntaliitto.fi/julkaisut/2012/1481-hulevesiopas>
- Kuusisto, P. (2002). Kaupunkirakentamisen vaikutus pieniin valuma-alueisiin ja vesistöihin Suomessa. HELSINGIN YLIOPISTON MAANTIETEEN LAITOKSEN JULKAISUJA B48. <https://docplayer.fi/16706646-Kaupunkirakentamisen-vaikutus-pieniin-valuma-alueisiin-ja-vesistoihin-suomessa.html>
- Lindsay J. (2012). Burn streams into DEM. Haettu 30.9.2022 osoitteesta <https://jblindsay.github.io/ghrg/Whitebox/Help/BurnStreams.html>
- MTK. (2020). *Metsätalouden vesiensuojelu*. <https://www.mtk.fi/-/metsatalouden-vesiensuojelu>
- MTK. (2021). *Maatalouden vesiensuojelu*. <https://www.mtk.fi/-/maatalouden-vesiensuojelu>
- Mustonen S. (1986). Sovellettu hydrologia.
- Peltola-Thies J. (2005). Rakennetun ympäristön aiheuttama vesistökuormitus. <https://docplayer.fi/24437535-Rakennetun-ympariston-aiheuttama-vesistokuormitus.html>
- Romppanen M., Klinga T., Kokoi M., Uski V-M., Erävuori L., Huhtinen T., Pitkäranta R., Kerko E., Parviainen S., Vaittinen T., & Poskiparta A. (2016). Valtatien 9 parantaminen välillä Onkamo–Niirala, YVA-menettely, YVA-selostus. <https://www.doria.fi/handle/10024/125823>
- SYKE (n.d.). *NDVI:n maksimiarvo v.2021*. Haettu 6.2.2023 osoitteesta <https://ckan.ymparisto.fi/dataset/ndvi-n-maksimiarvo-v-2021>
- Vesi.fi. (n.d). *Sekaviemäri*. Haettu 22.2.2023 osoitteesta <https://www.vesi.fi/sanasto/sekaviemari/>
- Ward A., Stanley W., Trimble S., Burckhard R., & Lyon J. (2015). *Environmental hydrology*. 3rd Edition. <https://doi.org/10.1201/b19120>
- Ymparisto.fi (n.d). *Maatalouden vesiensuojelu*. Haettu 28.2 osoitteesta <https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesiensuojelu/Maatalous>
- Ymparisto.fi. (2022-a). *Maa- ja metsätalouden vesistökuormitus jatkuu, mutta suojelutoimilla voi vaikuttaa*. [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus\\_ja\\_tuotanto/Maa\\_ja\\_metsatalouden\\_vesistokuormitus\\_ja\(62325\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus_ja_tuotanto/Maa_ja_metsatalouden_vesistokuormitus_ja(62325))
- Ymparisto.fi. (2022-b) *Jalkapallokenttien kumirouhepäästöjä voidaan vähentää yksinkertaisilla ratkaisuilla*. [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Jalkapallokenttien\\_kumirouhepaastoja\\_voi\(63177\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Jalkapallokenttien_kumirouhepaastoja_voi(63177))