



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Aino Laitinen

# HULEVESISELVITYS

CASE Pappilanmäki

Tekniikka  
2023

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Aino Laitinen
Opinnäytetyön nimi	Hulevesiselvitys CASE Pappilanmäki
Vuosi	2023
Kieli	suomi
Sivumäärä	32 + 2 liitettä
Ohjaaja	Irma Hyry

---

Tämä opinnäytetyö on tehty toimeksiantona Vaasan kaupungin kaavoitukselle. Työ tehtiin asemakaavan ak1128 Pappilanmäen laajennuksen tueksi. Työn aiheena on hulevesiselvitys Pappilanmäellä. Selvityksessä tarkastellaan pintavalunnan reittejä, suuntaa ja määrää. Lisäksi tarkastellaan hulevesien hallintakeinoja.

Hulevesiksi kutsutaan maan pinnalle kertyvää sade- ja sulamisvesiä rakennetulla alueella. Läpäisemätön pinta estää hulevesiä imeytymästä maahan ja synnyttää siten pintavaluntaa. Kun hulevedet eivät pääse imeytymään maahan, hulevesien imeytyminen pohjavedeksi asti estyy. Imeytymiseen vaikuttaa pohjamaalaji. Savikkoisilla alueilla ei imeytymistä pääse juurikaan tapahtumaan. Savikkoiset alueet, erityisesti liejusaviset alueet ovat tyypillisesti happamia sulfaattimaita. Happamat sulfaattimaat voivat aiheuttaa ympäristölle haittaa.

Pintavalunnan analyysi on tehty ArcGIS pro paikkatieto -ohjelmalla. Ohjelmalla mallinnettiin päävirtaussuunnat ja -reitit. Myös pohjamaalajit, hulevesijärjestelmä sekä pinnanlaadut mallinnettiin ohjelmalla. Pinnanlaatuojen avulla laskettiin keskimääräiset valumakertoimet. Valumakertoimien avulla laskettiin hulevesimäärät ja -virtaamat. Maankäytöllisten muutosten vuoksi pintavalunta lisääntyy suurimmillaan 94,6 %.

## ABSTRACT

Author	Aino Laitinen
Title	Stormwater Survey, Case Pappilanmäki
Year	2023
Language	Finnish
Pages	32 + 2 Appendices
Name of Supervisor	Irma Hyry

---

This thesis was made as an assignment to the city planning department of city of Vaasa. This thesis was made to support the expansion of the Pappilanmäki area included in the local detailed plan ak1128 Pappilanmäen laajennus. The subject of the thesis is a stormwater survey in Pappilanmäki. The survey examines the routes, direction and amount of surface runoff. In addition, stormwater management methods are examined.

Stormwater is the rainwater and meltwater that accumulates on the surface of the earth in a built-up area. The impermeable surface prevents stormwater from being absorbed into the ground and thus creates surface runoff. When stormwater does not get absorbed into the ground, the absorption of stormwater into the ground water is prevented. Absorption is influenced by the type of subsoil. In clayey areas, absorption does not occur much. Clayey areas, especially organic clay areas, are typically acidic sulphate soils. Acidic sulphate soils can cause harm to the environment.

The surface runoff analysis was done with the ArcGIS pro spatial information program. The main flow directions and routes were modelled with the program. Subsoil types, storm water system and surface qualities were also modelled with the program. Average runoff coefficients were calculated with the help of the surface qualities. The runoff coefficients were used to calculate the storm water volumes and flows. Due to land use changes, surface runoff increases by a maximum of 94.6%.

---

Keywords	Stormwater, stormwater management, acidic sulphate soils and nature-based management
----------	--

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	9
2	TOIMEKSIANTAJAN ESITTELY.....	10
	2.1 Vaasan kaupunki .....	10
	2.2 Vaasan kaupungin hulevesiohjelma 2019 .....	11
3	HULEVEDET JA NIIDEN HALLINTA .....	12
	3.1 Hulevesiviemärijärjestelmät .....	13
	3.2 Luonnonmukainen hallinta .....	14
	3.2.1 Muodostumisen estäminen ja määrän vähentäminen.....	14
	3.2.2 Viivyttäminen ja käsittely .....	15
	3.3 Hulevedet asemakaavoissa.....	16
	3.3.1 Viherkerroin .....	17
4	HAPPAMAT SULFAATTIMAAT .....	18
	4.1 Synty ja esiintyminen .....	18
	4.2 Sulfaattimaiden määrittely .....	18
	4.3 Ympäristövaikutukset .....	20
5	SELVITYSALUEEN KUVAUS .....	21
6	SELVITYSALUEEN VALUNTA .....	24
	6.1 Virtaussuunnat, hulevesijärjestelmä ja valuma-alueet .....	24
	6.2 Valumakerroin .....	27
	6.3 Hulevesimäärät ja virtaama .....	29
7	MAHDOLLISIA HULEVESIEN HALLINNANKEINOJA ALUEELLA .....	32
	7.1 Hulevesien synnyn ehkäiseminen.....	32
	7.2 Hulevesien viivytyt.....	34
	7.3 Happaman valunnan käsittelykeinoja.....	39
8	JOHTOPÄÄTÖKSET JA ANALYYSI .....	42

8.1 Jatkoselvitysmahdollisuudet.....	44
LÄHTEET .....	45
LIITTEET .....	46

## KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

<b>Kuva 1.</b> Vaasan kaupungin organisaatio. (Vaasan kaupunki) .....	10
<b>Kuva 2.</b> Kuva maisemoidusta hulevesialtaasta (Ilmastokestävä kaupunki). .....	16
<b>Kuva 3.</b> Hapan hienorakenteinen (liejusavi) sulfaattimaaprofiili Pohjanmaalla. Kuvan pisteiden lukemat edustavat mitattuja pH-arvoja. (Ympäristöministeriön julkaisuja 2022:3). .....	19
<b>Kuva 4.</b> Pappilanmäen sijainti ja selvitysalueen raja. ....	21
<b>Kuva 5.</b> Selvitysalueen pohjamaalajit. ....	23
<b>Kuva 6.</b> Selvitysalueen päävirtaussuunta, osavaluma-alueet ja korkeustiedot. ..	25
<b>Kuva 7.</b> Selvitysalueen hulevesijärjestelmä. ....	26
<b>Kuva 8.</b> Selvitysalueen pinnanlaadut nykytilassa. ....	28
<b>Kuva 9.</b> Selvitysalueen pinnanlaadut suunnitellussa maankäytössä. ....	29
<b>Kuva 10.</b> Viherkatto pyöräkatoksessa. (Lehtovuori).....	33
<b>Kuva 11.</b> Veden kulkua ohjaava kouru istutuksille. (Turun kaupunki) .....	34
<b>Kuva 12.</b> Hulevesien viivytyssäiliö 2500 litraa. (Uponor) .....	35
<b>Kuva 13.</b> Hulevesikaivo, jossa kastelujärjestelmä. (Turun kaupunki).....	36
<b>Kuva 14.</b> Nurmikiveys pysäköintipaikan alle. (Turun kaupunki).....	37
<b>Kuva 15.</b> Kiveys hulevesien ohjaamiseen katualueilla. (ilmastokestävä kaupunki) .....	38
<b>Kuva 16.</b> Ylivuotoviemäri istutuksien seassa katualueella. (Oulun kaupunki) ....	38
<b>Kuva 17.</b> Neutraloivan suodatinkerroksen periaatepiirros. (Ympäristöministeriö) .....	40
<b>Kuva 18.</b> Kalkkisuotopato rakenteen periaatekuva. (Ympäristöministeriö) .....	40
<b>Taulukko 1.</b> Osavaluma-alueiden keskimääräiset valumakertoimet. ....	27
<b>Taulukko 2.</b> Selvitysalueen osavaluma-alueiden (G, H, J, K) mitoitusvesimäärät (m <sup>3</sup> ) nykytilassa. ....	30
<b>Taulukko 3.</b> Selvitysalueen osavaluma-alueiden (G, H, J, K) mitoitusvesimäärät (m <sup>3</sup> ) suunnitellussa maankäytössä. ....	30

<b>Taulukko 4.</b> Selvitysalueen osavaluma-alueiden (G, H, J, K) mitoitusvirtaamat (l/s) nykytilassa. ....	30
<b>Taulukko 5.</b> Selvitysalueen osavaluma-alueiden (G, H, J, K) mitoitusvirtaamat (l/s) suunnitellussa maankäytössä. ....	31

## **LIITELUETTELO**

**Liite 1.** Asemakaavan ak1128 Pappilanmäen laajennuksen kaavarajaus.

**Liite 2.** Raportti Vaasan kaupungille.



## 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty toimeksiantona Vaasan kaupungin kaavoitukselle. Kaavoituksesta ohjaajina ovat toimineet Laura Lahti ja Helena Iltanen. Työn aiheena on hulevesiselvitys Pappilanmäellä. Selvitys tehtiin kaavan ak1128 Pappilanmäen laajennuksen tueksi. Selvityksessä tarkastellaan pintavalunnan suunnat, reitit ja määrä sekä hulevesien hallinnanratkaisuja. ArcGIS pro paikkatieto -ohjelmistoa on käytetty tarkastelussa apuna. Ohjelmiston avulla saatujen tietojen pohjalta on laskettu hulevesivirtaamat ja -määrät. Tarkastelu on tehty valuma-alue lähtöisesti, minkä vuoksi selvitysalueen rajauksena on käytetty kaavaluonnosta isompaa aluetta.

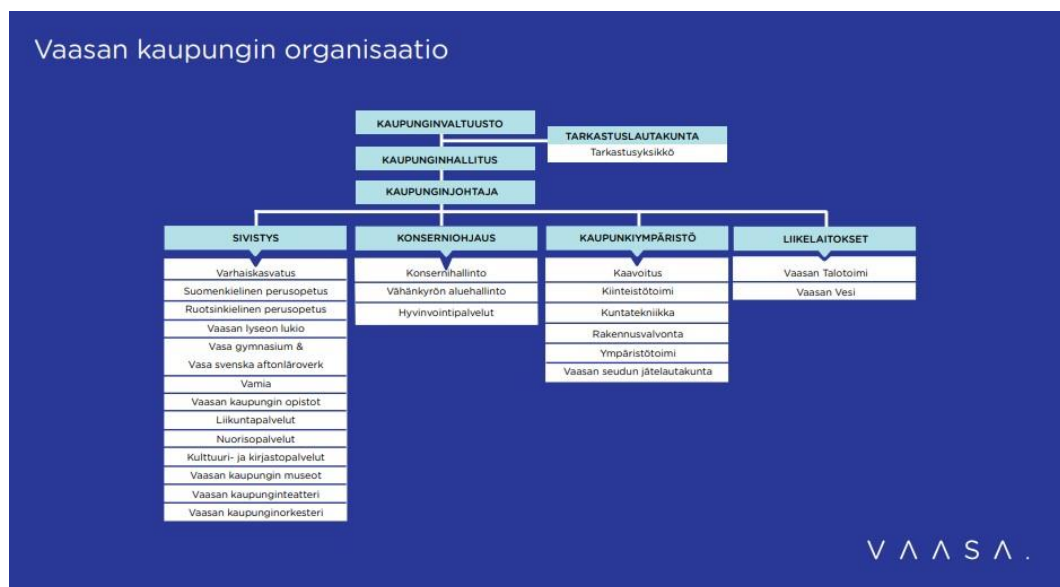
Työssä käydään myös läpi happamia sulfaattimaita, jotka ovat Pohjanmaalla yleisiä. Tyypillinen Pohjanmaan sulfaattimaa on liejusavea, mitä myös selvitysalue on pääosin. Selvitysalueella on myös hiekkamoreenisia alueita.

Työn lopputuloksia käydään läpi kappaleissa 5–8. Kappaleissa esitellään pohjamaalajit, virtaussuunnat sekä korkeusmalli. Samalla esitellään myös hulevesijärjestelmä sekä pinnanlaadut. Työssä käsitellään myös mahdollisia hulevesien hallintaratkaisuja sekä johtopäätökset.

## 2 TOIMEKSIANTAJAN ESITTELY

### 2.1 Vaasan kaupunki

Vaasan kaupunki sijaitsee Pohjanmaan rannikolla meren äärellä. Vaasa on pohjanmaan maakunnan keskus ja Pohjolan energiapääkaupunki. Tavoitteenaan kaupungilla on olla hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä. <sup>1;2</sup>



**Kuva 1.** Vaasan kaupungin organisaatio. (Vaasan kaupunki)

Oheisessa kuvassa on esitetty Vaasan kaupungin organisaatio. Hulevesiasioista on Vaasassa vastannut vuodesta 2015 Vaasan kaupunki. Hulevesien hallintaan kaupunkiorganisaatiossa osallistuvat kaavoitus, kuntatekniikka ja rakennusvalvonta.

<sup>1</sup> Wikipedia.

<sup>2</sup> Vaasan kaupunki. Energia ja ilmasto-ohjelma.

Kaavoituksen tehtävänä on ottaa hulevesien hallinta huomioon yleis- ja asemakaavojen laadinnassa. <sup>3</sup>

## **2.2 Vaasan kaupungin hulevesiohjelma 2019**

Ohjelman ensisijaisena tavoitteena on vähentää syntyvän huleveden määrää ja estää asuinalueiden sekä yksittäisten rakennusten tulvavahingot. Luonnonmukaisilla hulevesien käsittelyratkaisuilla parannetaan ympäristön tilaa sekä suunnittelun avulla tulvareittien toimivuus varmistetaan poikkeustilanteissa. Vaasan kaupungin hulevesiohjelma on tehty yleisohjeeksi tukemaan hulevesien hallintaan liittyvää päätöksen tekoa, maankäytön suunnittelua ja yhdyskuntarakentamista. <sup>4</sup>

---

<sup>3</sup> Vaasan kaupunki. Hulevesiohjelma. 2019

<sup>4</sup> Vaasan kaupunki. Hulevesiohjelma. 2019.

### 3 HULEVEDET JA NIIDEN HALLINTA

Rakennetussa ympäristössä hulevesillä tarkoitetaan alueella maan pinnalle tai muihin pintoihin kertyvää sade- ja sulamisvettä. Muodostumiseen vaikuttaa useampi tekijä, kuten sateen intensiteetti ja kesto, sadetapahtumaa edeltävä kuivan jakson pituus, maanpinnan kaltevuus ja maaperän ominaisuudet. Läpäisemätön pinta ehkäisee sadeveden imeytymisen ja synnyttää pintavaluntaa. Hulevesiä syntyy nopeammin ja runsaammin, kun läpäisemätöntä pintaa on paljon. Pintavalunnan suuret vaihtelut taajama-alueilla johtuvat tästä syystä. Luonnontilaisilla alueilla hulevesiä on vähemmän veden päästessä imeytymään maaperään. Maaperään imeytyessään vesi kasvillisuus puhdistaa vettä. Maan ominaisuuksista riipuen syntyy myös pohjavettä. Savisilla ja silttisillä alueilla pohjavettä ei muodostu.

5

Veden luonnollinen kiertokulku on neliosainen, mihin kuuluu sadanta, valunta, haihdunta ja infiltraatio eli suotaantuminen maaperään. Suurin osa sadannasta imeytyy maaperään luonnollisessa kiertokulussa. Vain osa valuu pintavaluntana vesistöihin, joista edelleen haihtuu ilmakehään. Taajamassa läpäisemätön pinta häiritsee tätä kiertokulkua. Sadanta on taajamassa 5–10 % luonnontilaa suurempaa ja haihdunta niin ikään pienempää. <sup>6</sup>

Rakennettujen alueiden hydrologista kiertoa sekä valunnan laatua pyritään parantamaan hulevesien hallinnalla. Tavoitteena on saada laatu rakentamista edeltävälle ajalle. Tavoitteen saavuttaminen vaatii laaja-alaista, valuma-alueelähtöistä

---

<sup>5</sup> Hulevesiopus. 2012

<sup>6</sup> Hulevesiopus. 2012

tarkastelua ja toimenpiteitä, jotka ulottuvat hulevesien syntypaikalta purkupisteisiin. Hulevesien hallinnankeinojen ensisijaisena tavoitteena on pyrkiä vähentämään syntyvän huleveden määrää sekä ehkäistä laatuhahtaa. <sup>7</sup>

Hulevesien hallinnan suunnittelun tueksi on vakiintunut yleisiä periaatteita, jotka ovat priorisoituja suunnitelmissa. Hallinnan yleiset periaatteet ovat seuraavat: hulevesien muodostumisen estäminen, hulevesien määrän vähentäminen eli käsittely ja hyödyntäminen syntypaikalla, johtaminen suodattavalla ja hidastavalla järjestelmällä, johtaminen yleisillä alueilla oleville hidastus- ja viivytysalueille esimerkiksi kosteikkoihin ja johtaminen purkuvesiin tai pois alueelta. Yleisiä periaatteita usein hyödynnetään ensisijaisesti esitetyssä järjestyksessä. <sup>8</sup>

### **3.1 Hulevesiviemärijärjestelmät**

Taajama-alueilla hulevedet johdetaan usein ihmisen rakentamalla tai muokkaamalla reiteillä, esimerkiksi hulevesiviemäriin. Kaduilla, väylillä ja pysäköintialueilla on useimmiten hulevesi tai sekaviemäröinti. Sekaviemäröintiin johdetaan sekä hulevedet ja rakenteiden kuivatusvedet että jätevedet. Erillisviemäröinnissä hulevedet ja kuivatusvedet ovat erillään jätevesistä omissa putkistoissaan. Tavoitteena hulevesiviemäröinnissä on ollut esteettisistä ja alueen käytöstä johtavista syistä nopea pintojen kuivatus ja vesien pois johtaminen. Katutilan siisteyteen ja hyöty-pinta-alan kasvattamiseen on pyritty hulevesiviemärien avulla maankäytön tiivis-tyessä. Tällöin viemäröinnillä on korvattu vanhoja avo-ojia. Tiiviisti rakennetuilla keskusta-alueilla hulevesiviemäröinti on ainoa vaihtoehto. tavallisesti viemärit mitoitetaan kahden tai kolmen vuoden välein toistuvalla sadannalla. Näin viemärit

---

<sup>7</sup> Hulevesiopas. 2012

<sup>8</sup> Hulevesiopas. 2012

ovat alttiita tulvimiselle. Tulvia syntyy sadannan ylittäessä mitoituksessa käytettävän sadannan. Tulvimista voidaan pienentää vähentämällä hulevesien määrää tai viivyttämällä virtaavaa hulevettä tai jopa tekemällä varastoaltaita. <sup>9</sup>

### **3.2 Luonnonmukainen hallinta**

Luonnonmukaisia hallintamenetelmiä on kehitetty perinteisen hulevesiviemäröinnin rinnalle. Erilaiset keinot jaetaan niiden toimintaperiaatteen mukaan hulevesien vähentämiseen, käsittelyyn, viivyttämiseen ja johtamiseen. Tämän lisäksi koon ja sijoittumisen puolesta menetelmät ovat joko paikallisia tai alueellisia menetelmiä. Paikallisten tontti- tai korttelikohtaisten menetelmien tavoitteena on vähentää hulevesien määrää, tasata virtaamia ja poistaa epäpuhtaudet mahdollisimman lähellä hulevesien syntypaikkaa. Alueelliset menetelmät vähentävät tulvariskiä. <sup>10</sup>

#### **3.2.1 Muodostumisen estäminen ja määrän vähentäminen**

Muodostumista voidaan rajoittaa minimoimalla rakennettujen pintojen määrää vähentämällä, imeyttämällä tai haihduttamalla kasvillisuuden avulla. Näin saadaan siirrettyä ja vähennettyä hulevettä pintavalunnasta maa- ja pohjavedeksi tai osaksi ilmakehää. Keinoja hulevesien määrään vähentämiseen tonteilla on luonnonkasvillisuuden säilyttäminen sekä maanpinnan tasaamisen minimointi. Järjestämällä pysäköinti useampaan tasoon saadaan vähennettyä rakennettua pintaa. Viherkatot ja kattopuutarhat imevät ja viivyttävät sadantaa. Jättämällä pihaaluetta päällystämättä tai käyttämällä läpäiseviä päällysteitä voidaan sadanta

---

<sup>9</sup> Hulevesiopus. 2012

<sup>10</sup> Hulevesiopus. 2012

imeyttää maaperään. Yksinkertaisimmillaan imeytysrakenteet voivat olla kivipe-siä, sorasaarroksia, imeytyspainanteita ja -kaivoja sekä maanalaisia imeytyskent-tiä. Pohjaveden pilaamiskieltoa ei kuitenkaan tule rikkoa. Imeyttäessä muodostu-via hulevesiä tulee varmistaa, ettei haitta-aineita pääse pilaamaan pohjavettä.<sup>11</sup>

### **3.2.2 Viivyttäminen ja käsittely**

Viivytettäessä hulevesiä virtaamaa pidätetään ja hidastetaan. Tavoitteena on va-rastoida muodostuva hulevesi ja vapauttaa se vähitellen. Karkeasti luokiteltuna viivytsmenetelmät jaetaan kosteikkoihin, lammikoihin, painanteisiin ja rakennet-tuihin altaisiin sekä kaivoihin. Painanteet ja kaivot kuivuvat sateiden välissä, kun taas kosteikot, lammikot ja altaat omaavat pysyvän vedenpinnan. Suuria hulevesi-virtaamia muodostavilla alueilla viivytyks on tärkeää ennen vesien johtamista vie-märiin. Tällaisia alueita voivat olla laajat teollisuus- ja työpaikka-alueet, liike- ja lo-gistiikkakeskukset sekä hallit, jotka omaavat laajoja kattopintoja ja päällystettyjä kenttiä. Tällöin hulevedet jaetaan jakeisiin. Puhtaat kattovedet voidaan imeyttää. Pysäköintialueiden ja logistiikkapihojen likaisemmat hulevedet tulee todennäköi-sesti käsitellä ennen imeyttämistä tai viivyttää ennen hulevesijärjestelmään johta-mista.<sup>12</sup>

---

<sup>11</sup> Hulevesiopas. 2012

<sup>12</sup> Hulevesiopas. 2012



**Kuva 2.** Kuva maisemoidusta hulevesialtaasta (Ilmastokestävä kaupunki).

### **3.3 Hulevedet asemakaavoissa**

Hulevesiin liittyviä vaatimuksia voidaan esittää asemakaavamääräyksillä. Tällaisia on esimerkiksi viivyttäminen, imeyttäminen tai käsittely puhdistamiseksi tontti-, liike ja viheralueilla. Määräykset voivat olla yleisiä alueita koskevia yleismääräyksiä tai korttelikohtaisia määräyksiä. Kaavakartoissa voidaan osoittaa ohjeellisia alueita hulevesien käsittelyyn ja viivytykseen. Toteutusohjeita usein tarkennetaan rakennustapaohjeissa. Toteutusta tukevaa ohjeistusta on myös kuvattu kaava-alueita koskevassa maisemasuunnitelmassa, lähiympäristö- ja pihasuunnitelmassa ja



hulevesien hallintasuunnitelmassa. Kaavoituksessa on otettava huomioon hulevesirakenteille tarvittavat tilavaraukset. Esimerkiksi imeyttämisen ja maaperäsuodatuksen aiheuttamalle tilapäiselle lammikoitumiselle on oltava riittävästi tilaa.<sup>13</sup>

### **3.3.1 Viherkerroin**

Viherkerroin on kehitetty erityisesti maankäytön suunnittelun tueksi kaavoittajille, maisema-arkkitehdeille ja pihasuunnittelijoille. Viherkertoimen avulla ohjataan korttelien viherrakennetta. Työkaluna viherkerroin kuvaa tontin tai korttelin vihertehekkyyttä. Vihertehekkyyden kertoo kuinka paljon tonteilla on erilaisia kasvillisuuspinnoja ja sadevesiä viivytettäviä ratkaisuja verrattuna tontin pinta-alaan. Viherkertoimen avulla voidaan varmistaa tonteille riittävä ja monipuolinen viherpinta-ala, mikä tukee hulevesien luonnonmukaista hallintaa.<sup>14 15</sup>

---

<sup>13</sup> Hulevesiopas. 2012

<sup>14</sup> Aalto-yliopisto. Viherkertoimen valtavirtaistaminen.

<sup>15</sup> Kankaanpää, S. Orrenmaa, P-L. Ilmasto-kestävän kaupungin suunnitteluopas.

## 4 HAPPAMAT SULFAATTIMAAT

Happamat sulfaattimaat ovat rikkipitoista sedimenttiä, orgaanista materiaalia (turve, lieju) ja moreenia. Näistä vapautuu haitallisia määriä happamuutta maaperään ja vesistöihin sulfidien hapettumisen seurauksena. Hapettuneesta maaperästä pääsee liukenemaan ympäristölle haitallisia metalleja. Kulkeutuessaan vesistöihin metallit heikentävät vesistön ekologista ja kemiallista tilaa. <sup>16</sup>

### 4.1 Synty ja esiintyminen

Rikkipitoiset sedimentit ovat syntyneet sulfaattipitoisessa merivedessä, johon on kerrostunut ajan saatossa orgaanista ainetta ja mantereelta rautaoksideja. Bakteerit hajottavat hapettomissa oloissa orgaanista ainetta, jolloin sulfaatti pelkistyy sulfidiksi. Sulfidi saostuu kerroksen sisältämän raudan kanssa rautasulfidiksi. <sup>17</sup>

Suomen kerrostuneet sulfidisedimentit ovat kerrostuneet viime jääkauden jälkeisten Ancyclus-järvivaiheen, Litorina-merivaiheen ja nykyisen Itämeren aikana. Suomen happamat sulfaattimaat ovat arvioitu olevan Euroopan laajimmat. <sup>18</sup>

### 4.2 Sulfaattimaiden määrittely

GTK:n ja Ruotsin geologisen tutkimuskeskuksen SGU:n yhdessä julkaiseman kansallisen ohjeen mukaan happamat sulfaattimaat määritellään seuraavasti:

” – maasto-pH < 4,0 mineraalimaassa tai maasto-pH < 3,0 orgaanisessa materiaalissa (LOI; > 20 %; esim. turve ja lieju) sulfidien hapettumisen seurauksena; ja/tai

---

<sup>16</sup> Ympäristöministeriö. 2022

<sup>17</sup> Ympäristöministeriö. 2022

<sup>18</sup> Ympäristöministeriö. 2022

- näytteen pH on inkubaation (hapettunut kosteana 9–19 viikkoa huoneenlämmössä) jälkeen alle 4,0 mineraalimaassa tai alle 3,0 orgaanisessa materiaalissa, ja pH-tason muutos on vähintään 0,5 yksikköä.”

Kuvassa 2 on esitetty Pohjanmaalla esiintyvä sulfaattimaaprofiili. Profiili on alueelle tyypillinen hienorakenteinen liejusavinen maaperä. Siinä on pinnalla 25 cm multakerros, jonka jälkeen alkaa hapan kerros. Happaman kerroksen jälkeen alkaa musta hapettumaton kerros 155 cm syvyydeltä.<sup>19</sup>



**Kuva 3.** Hapan hienorakenteinen (liejusavi) sulfaattimaaprofiili Pohjanmaalla. Kuvan pisteiden lukemat edustavat mitattuja pH-arvoja. (Ympäristöministeriön julkaisu 2022:3).

<sup>19</sup> Ympäristöministeriö. 2022

### 4.3 Ympäristövaikutukset

Kun sulfaattimaakerrokset altistuvat hapettumiselle, muuttuvat ne aktiivisiksi happamiksi sulfaattimaiksi. Hapettumiselle maakerrokset altistuvat maankohoamisen ja/tai maankäytön myötä. Tällöin pohjaveden pinta laskee, mikä altistaa hapettumiselle. Maankäyttö, joka laskee pohjaveden pintaa sekä kuivattaa maata, on esimerkiksi ojitus ja massanvaihto. Veden muuttuessa happamaksi liuottaa hapan vesi metalleja maaperästä. Veteen liukenevia metalleja ovat alumiini, rauta, kadmium, koboltti, kupari, sinkki, mangaani ja nikkeli. Happamien sulfaattimaiden aiheuttama hapan ja metallipitoinen valunta vaikuttaa negatiivisesti vastaanottavaan vesistöön sekä pilaa pohjavesiä. Valunta heikentää vesistön ekologista ja kemiallista tilaa. Metallit kerääntyvät kaloihin ja näin kiertävät ravintoketjussa eteenpäin. Happamuus estää kasvillisuutta kukoistamasta vaikuttaen näin negatiivisesti alueen monimuotoisuuteen. Hapan valunta voi pahimmillaan aiheuttaa kalakuolemia. Kalojen herkkyys happamuuteen vaihtelee.<sup>20</sup>

---

<sup>20</sup> Ympäristöministeriö. 2022

## 5 SELVITYSALUEEN KUVAUS

Selvitysalueena on kaupunginosa-alue Pappilanmäki. Pappilanmäki sijaitsee Haapaniemen ja Itämelaniemen välissä. Aluetta rajaa Huutoniemenkatu, Kauppiaankatu ja rautatie sekä Melaniemen asuinalue. Pappilanmäen asuinalue on tiiviisti rakennettua aluetta, jonka välittömässä läheisyydessä on Huutoniementien ja asuinalueen väliin jäävä metsäalue.



Aino Laitinen, 2023

**Kuva 4.** Pappilanmäen sijainti ja selvitysalueen raja.

Maaperä on selvitysalueella liejusavea ja hiekkamoreenia. Liejusavi on maalajeista vallitsevin. Liejusavisilla alueilla on pohjavesi tyypillisesti kirkasta ja hapanta. Liejusavi on kantavuudeltaan ja vedenläpäisykyvyltään heikkoa sekä routivaa. Tästä syystä pohjavettä ei alueella juurikaan muodostu. Hienorakeiset savimaat ovat

juuri huonon kantavuuden ja routivuuden myötä huonoja maita rakennuskelposuudeltaan.<sup>21</sup>

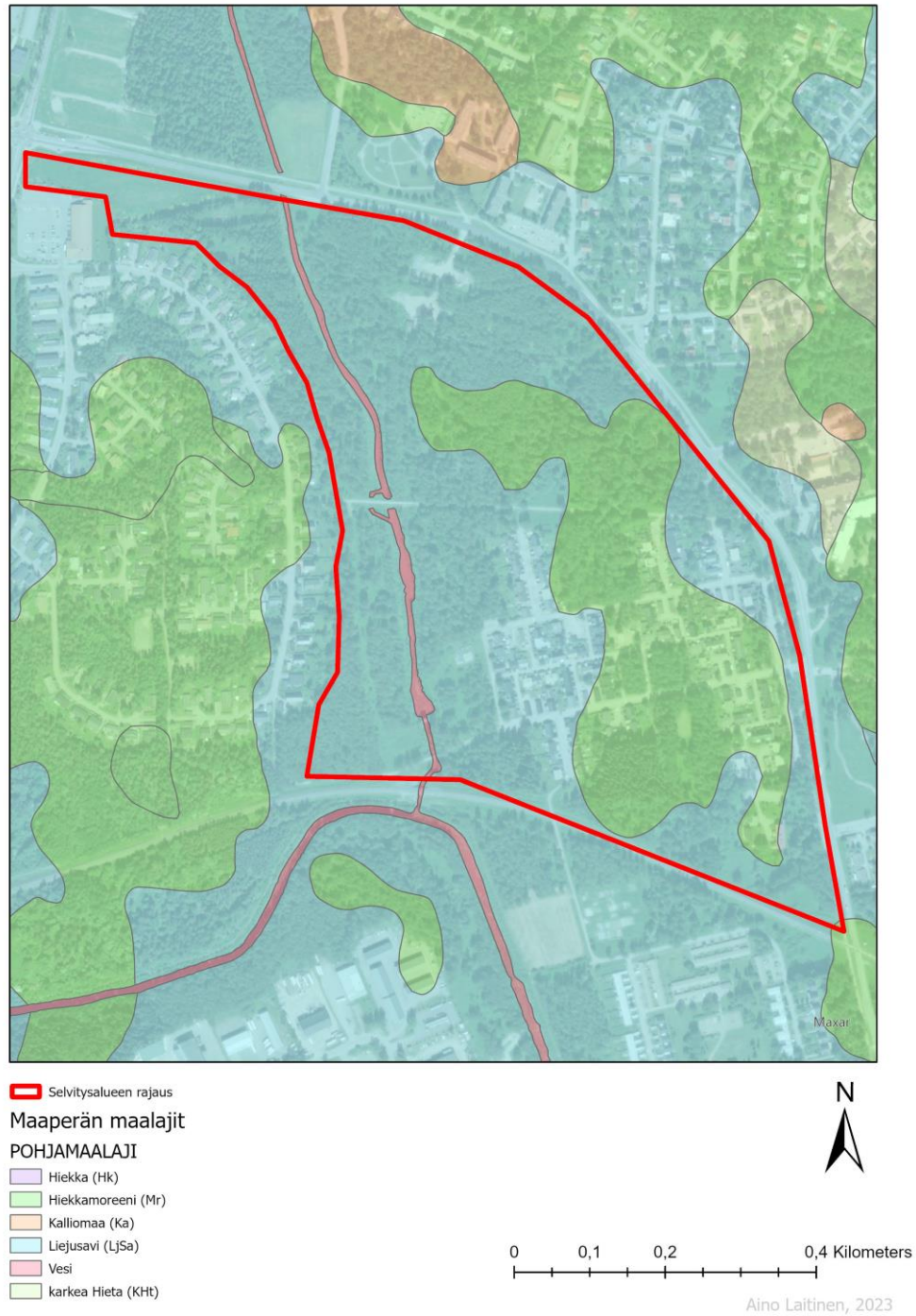
Savi voi häiriintyessään mennä juoksevaan tilaan, silloin kun savimaa on syntynyt suolaisessa vedessä. Suolaiseen veteen laskeutunut savi hiukkaset kasvavat suuremmiksi, jolloin savihiukkasten väliin jää suurempia hiukkasia kuin suolattomassa vedessä. Meri vesi on tyypillisesti suolaista vettä. Pohjanmaan saviset alueet ovat muodostuneet 8500 vuotta sitten litorina merivaiheen aikana, jolloin Vaasakin on ollut pitkälti merenpohjaa. Tästä voidaan päätellä näidenkin savisten alueiden muodostuneen suolaisessa vedessä.<sup>22</sup>

Haasteen hulevesien kannalta tällä alueella pohjamaan osalta tuo liejusaven tyypillisiin ominaisuuksiin kuuluvat heikko vedenläpäisevyys, pohjaveden mahdollinen happamuus ja tämän vuoksi mahdollinen hapan valunta. Hulevesien hallinnankeinoina korostuu hulevesien synnyn ehkäiseminen ja viivyttäminen. Hallinnankeinoja käydään läpi lisää myöhemmin.

---

<sup>21</sup> Verkkojulkaisu. Geologian tutkimuslaitos.2005

<sup>22</sup> Jääskeläinen, R. 2011



**Kuva 5.** Selvitysalueen pohjamaalajit.

## 6 SELVITYSALUEEN VALUNTA

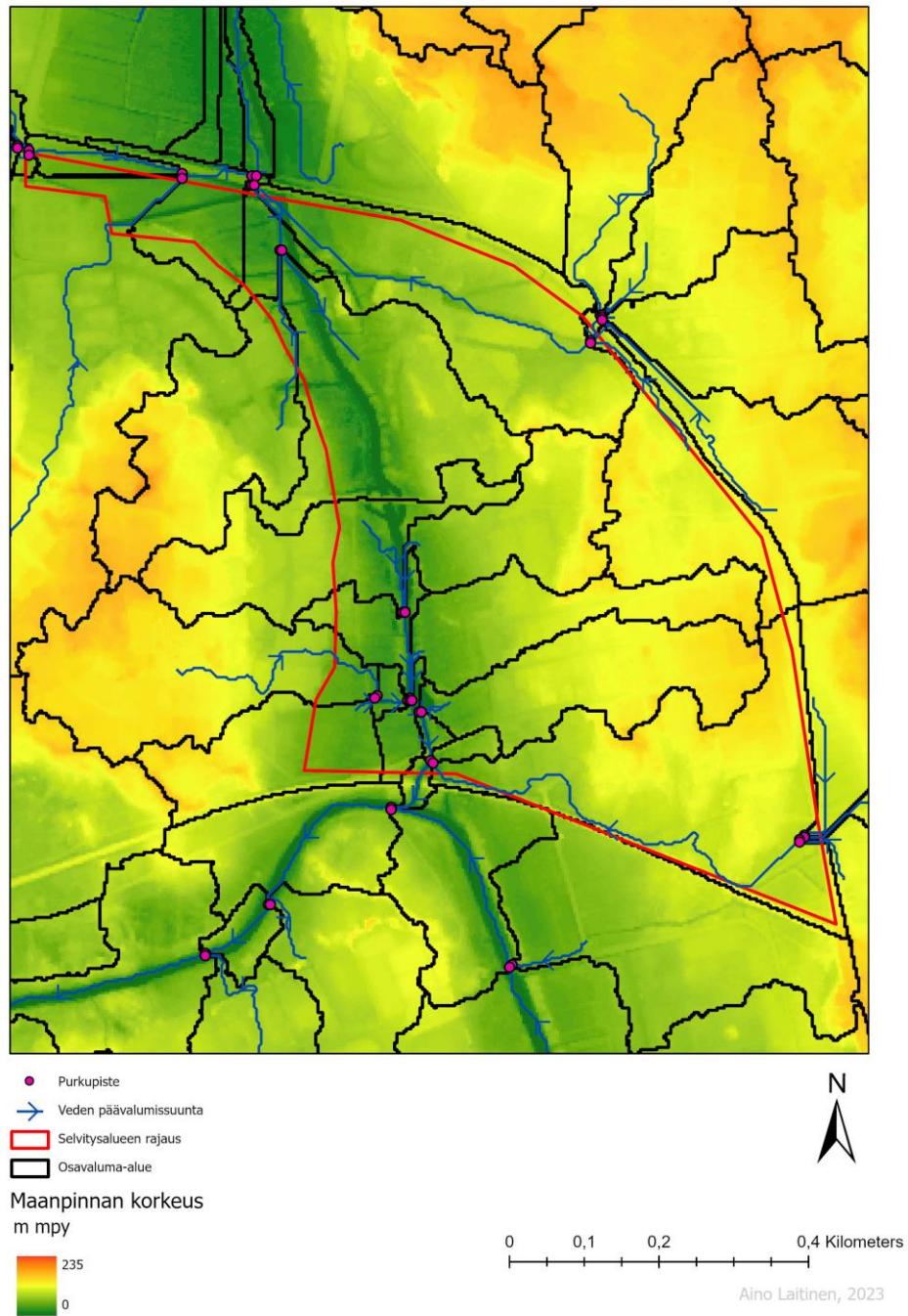
### 6.1 Virtaussuunnat, hulevesijärjestelmä ja valuma-alueet

Hulevesien valunta on mallinnettu ArcGIS hydro pro -liitännäistyökalulla. Mallinuksessa nähdään pintavalunnan valuvan selvitysalueen pohjoispuolella luoteeseen kohti valtaojaa. Valtaojassa virtaus on etelään päin kohti Vanhan Vaasan kanaalia. Valtaojan reuna-alueet ovat matalaa aluetta. Korkein kohta sijoittuu itäpuolelle olemassa olevaa asuinalueetta. Pappilanmäen asuinalueen maapinnan korkeus laskee länteen.

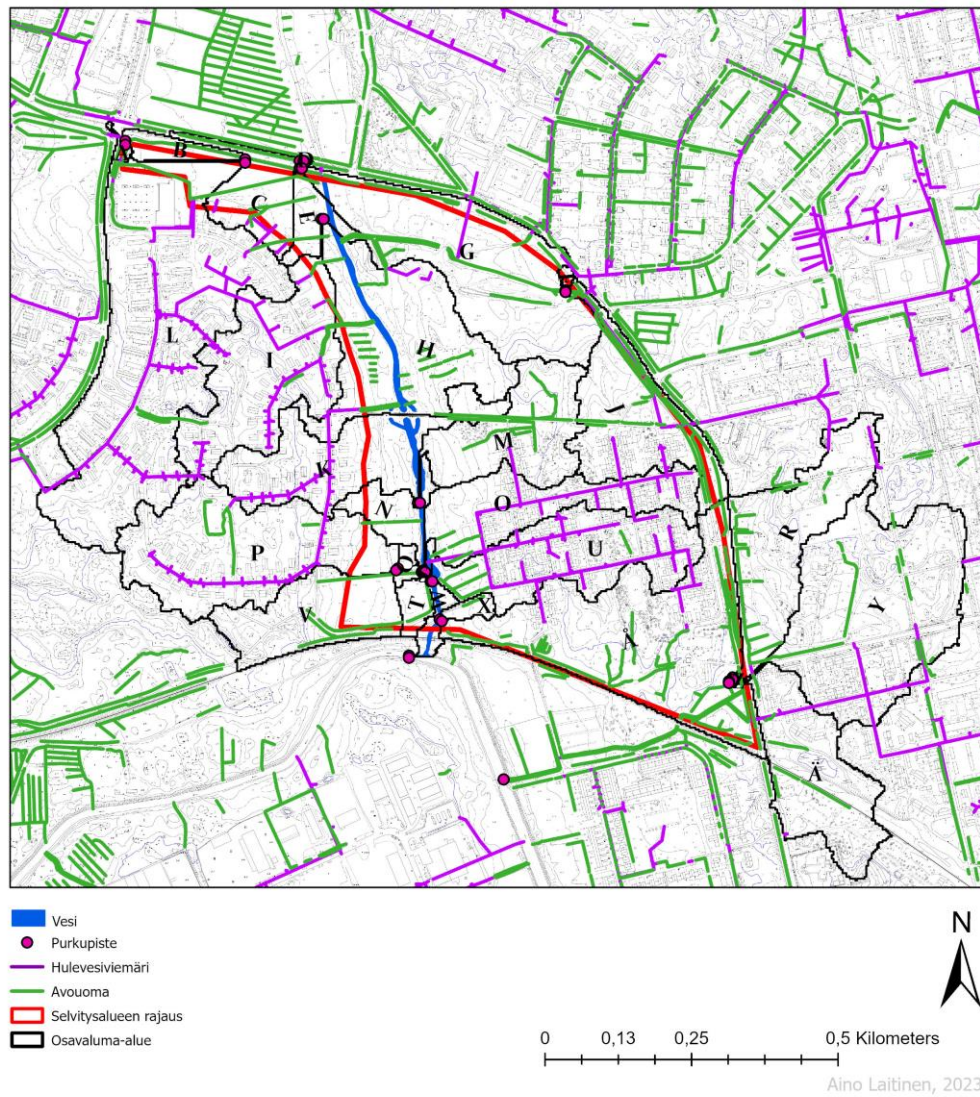
Mallinnetut osavaluma-alueet näkyvät kuvassa 5. Osavaluma-alueita työkalun avulla saatiin mallinnettua 28 kappaletta. Valuma-alueet nimettiin aakkosia käytämällä, sillä se on käytössä oleva tapa Vaasan kaupungilla.

Selvitysalueen hulevesijärjestelmä hulevesiviemäristöineen ja avouomineen on esitetty kuvassa 6. Avouomat eli ojat ovat esitetty vihreällä ja hulevesi- eli sadevesiviemärit violetilla. Kuvasta näkee avouomien mukailevan mallinnettua virtausta kuvassa 5. Kuvien avulla voidaan päätellä pintavalunnan päätyvän Matalaselän ojaan.





**Kuva 6.** Selvitysalueen päävirtaussuunta, osavaluma-alueet ja korkeustiedot.



**Kuva 7.** Selvitysalueen hulevesijärjestelmä.

## 6.2 Valumakerroin

Valumakertoimella tarkoitetaan sadannan ja pintavalunnan välistä suhdetta<sup>23</sup>. Pinnanlaadut selvitetään ArcGIS pro -karttatyöskentelyn avulla. Pinnanlaatujen perusteella lasketaan osavaluma-alueille keskimääräiset valumakertoimet. Pinnanlaadut nykytilassa ja suunnitellussa maankäytössä on esitettyä kuvissa 8–9. Pinnanlaatujen pohjalta lasketut valumakertoimet ovat taulukossa 1. Laskentaan on otettu mukaan vain alueet, joissa tapahtuu maankäytöllisiä muutoksia. Taulukosta nähdään suurimmat muutokset osuvan osavaluma-alueille G ja H. Osavaluma-alueiden J ja K osalta muutos on pienempää.

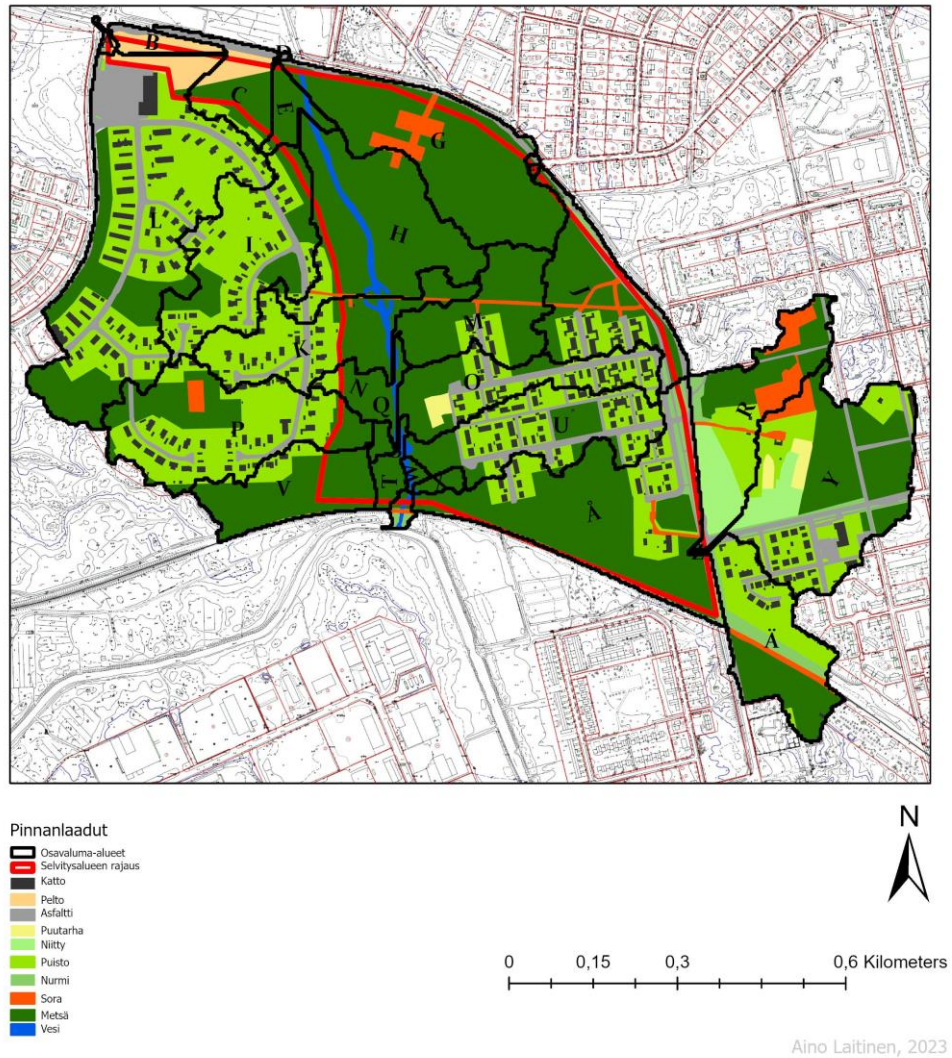
**Taulukko 1.** Osavaluma-alueiden keskimääräiset valumakertoimet.

Osavaluma-alue	Pinta-ala (ha)	Nykyisen maankäytön keskimääräinen valumakerroin	Suunnitellun maankäytön keskimääräinen valumakerroin	muutos
G	7,59	0,11	0,21	94,6 %
H	6,78	0,12	0,21	78,7 %
J	4,89	0,266	0,267	0,5 %
K	5,45	0,24	0,25	5,5 %

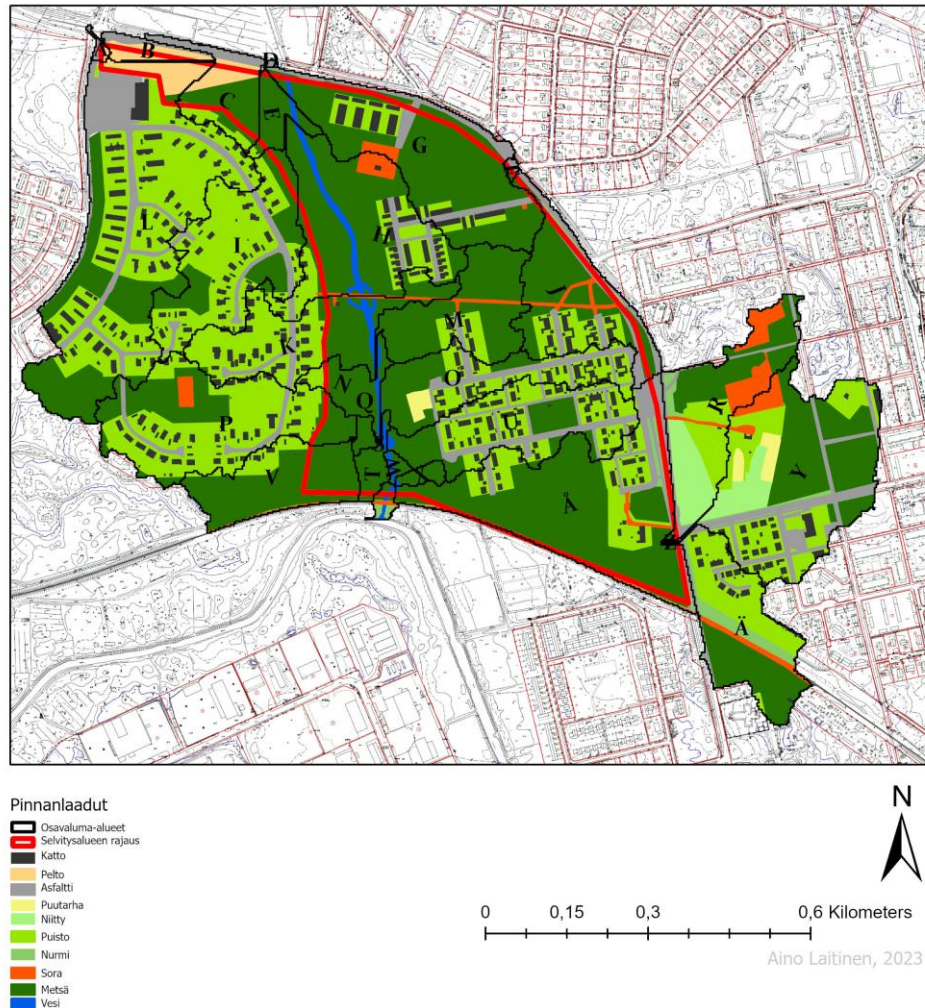
---

<sup>23</sup> Sweco. 2021





**Kuva 8.** Selvitysalueen pinnanlaadut nykytilassa.



**Kuva 9.** Selvitysalueen pinnanlaadut suunnitellussa maankäytössä.

### 6.3 Hulevesimäärät ja virtaama

Hulevesimäärät ja virtaamat on laskettu pinnanlaatuojen pohjalta määritettyjen valumakertoimien avulla. Hulevesimäärät nykytilassa on esitetty taulukossa 2. Taulukossa 3. on esitetty hulevesimäärät suunnitellussa maankäytössä. Taulukossa 4.

on esitetty hulevesivirtaama nykytilassa ja taulukossa 5. hulevesivirtaama suunnitellussa maankäytössä. Hulevesimäärät ja -virtaamat nousevat eniten osavaluma-alueilla G ja H.

**Taulukko 2.** Selvitysalueen osavaluma-alueiden (G, H, J, K) mitoitusvesimäärät (m3) nykytilassa.

Osavaluma-alue	Pinta-ala (ha)	Keskimääräinen valumakerroin	Vesimäärä (m3) 15 min, 146 l/s*ha	Vesimäärä (m3) 60 min, 64 l/s*ha	Vesimäärä (m3) 60 min, 77 l/s*ha
G	7,59	0,11	113	198	238
H	6,78	0,12	115	201	242
J	4,89	0,266	171	300	361
K	5,45	0,24	171	300	361

**Taulukko 3.** Selvitysalueen osavaluma-alueiden (G, H, J, K) mitoitusvesimäärät (m3) suunnitellussa maankäytössä.

Osavaluma-alue	Pinta-ala (ha)	Keskimääräinen valumakerroin	Vesimäärä (m3) 15 min, 146 l/s*ha	Vesimäärä (m3) 60 min, 64 l/s*ha	Vesimäärä (m3) 60 min, 77 l/s*ha
G	7,59	0,21	209	367	441
H	6,78	0,21	190	332	400
J	4,89	0,267	172	302	363
K	5,45	0,25	180	316	380

**Taulukko 4.** Selvitysalueen osavaluma-alueiden (G, H, J, K) mitoitusvirtaamat (l/s) nykytilassa.

Osavaluma-alue	Pinta-ala (ha)	Keskimääräinen valumakerroin	Virtaama (l/s) 15 min, 146 l/s*ha	Virtaama (l/s) 60 min, 64 l/s*ha	Virtaama (l/s) 60 min, 77 l/s*ha
G	7,59	0,11	119	52	63
H	6,78	0,12	118	52	62
J	4,89	0,266	190	83	100
K	5,45	0,24	188	83	99

**Taulukko 5.** Selvitysalueen osavaluma-alueiden (G, H, J, K) mitoitusvirtaamat (l/s) suunnitellussa maankäytössä.

Osavaluma-alue	Pinta-ala (ha)	Keskimääräinen valumakerroin	Virtaama (l/s) 15 min, 146 l/s*ha	Virtaama (l/s) 60 min, 64 l/s*ha	Virtaama (l/s) 60 min, 77 l/s*ha
G	7,59	0,21	233	102	123
H	6,78	0,21	211	92	111
J	4,89	0,267	191	84	101
K	5,45	0,25	199	87	105

## 7 MAHDOLLISIA HULEVESIEN HALLINNANKEINOJA ALUEELLA

Ensisijaisina hulevesien hallintakeinoina Vaasan kaupungin hulevesiohjelmassa suositetaan luonnonmukaisia keinoja.<sup>24</sup> Luonnonmukaisina keinoina katsotaan maanpäällisiä painanteita, kouruja, avouomia, lammikkoja ja kosteikkoja. Myös rakennetut altaat, lammikot ja kosteikot kuuluvat tähän. Haasteen luonnonmukaisille keinoille tuo tiivis rakentaminen.

”Kaupungilta säästyy rahaa, kun hulevedet käsitellään lähellä niiden syntypaikkaa eikä niitä tarvitse johtaa muualle. On laskettu, että hehtaarin kokoinen puisto aivan ydinkeskustassa säästää kaupungilta yli 200 000 euroa vuodessa.”<sup>25</sup>

### 7.1 Hulevesien synnyn ehkäiseminen

Hulevesien määrää voidaan vähentää säästämällä luonnonmukaista aluetta, minimoimalla läpäisemättömän pinnan määrää ja erilaisilla viherkatoilla. Viherkatoilla pystytään vähentämään tehokkaasti hulevesien määrää ja hyödyntämään niitä syntypaikallaan. Viherkatoilla voidaan sitoa sademäärästä 50–80 %<sup>26</sup>. Viherkatot sopivat hyvin tiiviisti rakennetuille alueille.<sup>27</sup> Erilaisilla läpäisevillä ja puoliläpäisevillä rakenteilla ja pinnoilla saadaan pintavalunta imeytymään maaperään.

---

<sup>24</sup> Vaasan kaupunki. Hulevesiohjelma. 2019

<sup>25</sup> Vesi.fi

<sup>26</sup> Lehtovuori

<sup>27</sup> Ilmastokestävä kaupunki. Hulevesien hallintarakenteet ja niiden kunnossapito.





**Kuva 10.** Viherkatto pyöräkatoksessa. (Lehtovuori)

Tonteilla ja piha-alueilla käytettäviä menetelmiä ovat viherkattojen lisäksi hulevesien ohjaaminen kourujen ja painanteiden avulla istutuksille, altaille ja kos-teikoille.<sup>28</sup> Huippuvirtaamien aikana kattovesien johtaminen hulevesiviemäriver-kostoon voi aiheuttaa ylikuormitusta. Tästäkin syystä puhtaat kattovedet on syytä hyödyntää jo tonteilla.<sup>29</sup>

---

<sup>28</sup> Pientalon hulevesiohjelma. Turun Kaupunki.

<sup>29</sup> Ilmastokestävä kaupunki. Hulevesien hallintarakenteet ja niiden kunnossapito.



**Kuva 11.** Veden kulkua ohjaava kouru istutuksille. (Turun kaupunki)

## 7.2 Hulevesien viivytys

Hulevesien viivytyssäiliöillä (kuva 12) voidaan varastoida väliaikaisesti hulevesiä. Säiliöistä vesi päästetään painovoimaisesti tai pumpulla pikkuhiljaa eteenpäin. Purkupaikkana voi olla joko viemärijärjestelmä tai joku muu paikka esimerkiksi kosteikko. Hulevesialtasiin verrattuna säiliö on turvallisempi, koska se on maan alla. Näin lapset eivät pääse esimerkiksi putoamaan altaaseen. Hulevesien viivytyssäiliöitä on erikokoisia eri kohteisiin, esimerkiksi pientaloihin tai pieniin rivitaloihin löytyy Uponorilta 2500 litran kokoinen viivytyssäiliö.<sup>30</sup>

---

<sup>30</sup> Uponor. Hulevesisäiliöt ehkäisevät rankkasateiden aiheuttamia tulvia.



**Kuva 12.** Hulevesien viivytyssäiliö 2500 litraa. (Uponor)

Hulevesikaivoihin saadaan kerättyä vettä samaan tapaan kuin hulevesisäiliöihinkin. erona on, että hulevesikaivoon saa kastelujärjestelmän (kuva 13). Näin vettä voidaan käyttää kasteluun vesijohtoveden sijasta, mikä säästää talousvettä kuivina sateettomina kausina kesällä.



**Kuva 13.** Hulevesikaivo, jossa kastelujärjestelmä. (Turun kaupunki)

Pysäköintipaikkojen päällysteenä voi asfaltin sijasta käyttää esimerkiksi kennosoraa tai nurmikiveystä (kuva 14). Lämpäisevä pinnoite ja puolilämpäisevät pinnoitteet toimivat imeytyksen lisäksi myös viivytysrakenteina.



**Kuva 14.** Nurmikiveys pysäköintipaikan alle. (Turun kaupunki)

Katualueilla voidaan ohjata vettä kiveyksen kautta istutetulle kasvillisuudelle (kuva 15). Kiveys toimii veden ohjauksen ohella pienenä varastona. Kasvillisuuden seassa voidaan tulviminen estää ylivuotoviemärillä (kuva 16).





**Kuva 15.** Kiveys hulevesien ohjaamiseen katualueilla. (ilmastokestävä kaupunki)



**Kuva 16.** Ylivuotoviemäri istutuksien seassa katualueella. (Oulun kaupunki)

Kasvillisuuden käyttäminen hulevesien viivytykseen käytettävissä lammikoissa ja kosteikoissa sekä vastaavissa on kannattavaa, sillä kasvit poistavat maaperästä vettä haihduttamalla sitä ilmakehään. Kasvien juuret vähentävät eroosiota ja pa-

rantavat maan vedenläpäisevyyttä. Raskasmetallit ja ravinteet pidättäytyvät kasvillisuuteen. Hulevesien hallintaan tarkoitettut viheralueet lisäävät viihtyvyyttä ja luonnon monimuotoisuutta.<sup>31</sup>

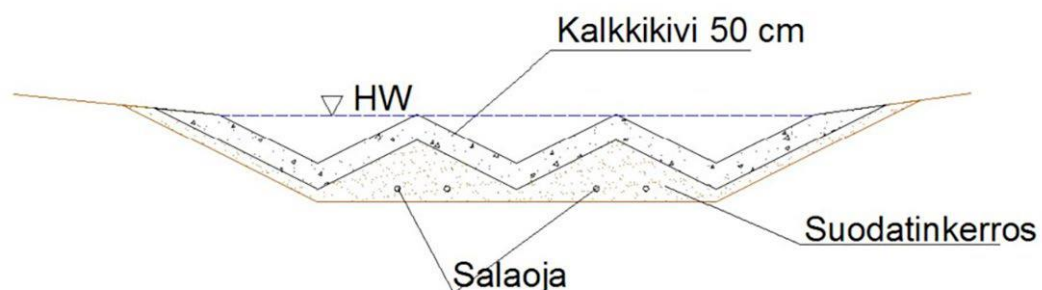
### 7.3 Happaman valunnan käsittelykeinoja

Hapan valunta aiheuttaa vesistöön päästessään ympäristöhaittoja. Ehkäistäkseen ympäristöhaittoja voidaan pysyvän happaman valunnan tapauksissa käyttää neutraloivia rakenteita. Yksi esimerkki on maapohjainen suotokenttä rakenne, joka näkyy kuvassa 17. Valunta ohjataan maanpäälliseen avoaltaseen suotokentän läpi. Suotokentässä on kalkkikivikerros, joka toimii happamuuden neutraloijana. Kalkkikivikerroksen alla on salaojakerros. Salaojakerroksesta vesi valuu laskeutusaltaan kautta eteenpäin vesistöön. Suodatin kenttä voidaan maisemoida viheralueeksi.<sup>32</sup>

---

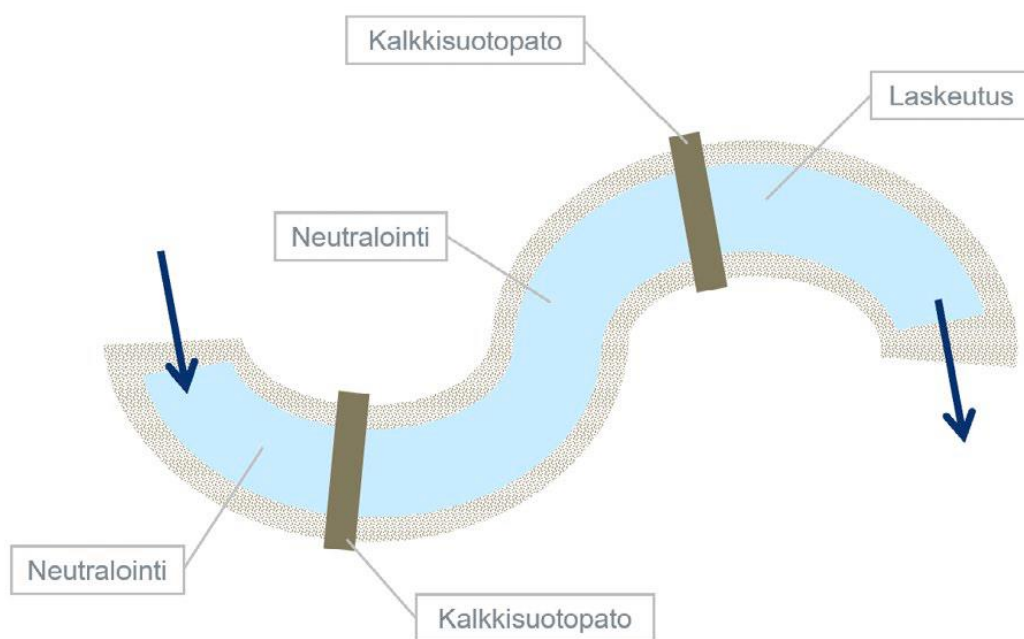
<sup>31</sup> Ilmastokestävä kaupunki. Hulevesien hallintarakenteet ja niiden kunnossapito.

<sup>32</sup> Ympäristöministeriö. 2022.



**Kuva 17.** Neutraloivan suodatinkerroksen periaatepiirros. (Ympäristöministeriö)

Toinen esimerkki happamuuden neutraloimiseen on kalkkisuotopato (kuva 18). Vesi johdetaan suotopadon läpi, joka sisältää kalkkirakeita. Padon jälkeen tulee laskeutusallas neutraloinnissa syntyvää metallisakkaa varten.



**Kuva 18.** Kalkkisuotopato rakenteen periaatekuva. (Ympäristöministeriö)

Väliaikaiseen ja pysyvään happamaan valuntaan toimii myös kaivoratkaisu. Vesi johdetaan neutralointikaivoon kaivon alareunasta sisään ja yläosasta ulos. Kaivossa on neutralointiaineena granulointua sammutettua kalkkia. Granuloitu sammutettu kalkki on voimakas emäs. Neutralointi nostaakin veden pH:n emäksiseksi,



minkä vuoksi kaivoon johdetaan vain osa vesistä. Neutraloitu vesi yhdistetään neutraloimatta jätettyihin vesiin, jolloin saadaan tavoiteltu pH-taso. Tavoiteltu pH-taso on välillä 5,5–7,5.<sup>33</sup>

---

<sup>33</sup> Ympäristöministeriö. 2022

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA ANALYYSI

Tässä hulevesiselvityksessä tarkasteltiin Pappilanmäen alueen pintavalunnan suuruutta sekä suuntaa. Näiden lisäksi tarkasteltiin pohjamaata ja hulevesien hallinnan ratkaisuja. Tarkastelussa apuna on käytetty ArcGIS pro -ohjelmaa ja ohjelmaan saatavaa ArchHydro -lisäosaa.

Tarkastelussa selvisi pohjamaan maalajien olevan liejusavea ja hiekkamoreenia. Liejusaven tyypillisiin ominaisuuksiin kuuluu huono kantavuus sekä vedenläpäisevyys. Lisäksi liejusavisille alueille tyypillistä on hapan pohjavesi. Tämän vuoksi työssä käydään läpi myös happamia sulfaattimaita sekä muutama happaman valunnan hallintakeino. Happaman valunnan keinoja ovat kalkkisuotopato, suodatuskenttä sekä neutralointiin suunniteltu kaivo. Kalkkisuotopato voisi sopia viivytysaltaan yhteyteen. Hapan valunta aiheuttaa ympäristöhaittoja, kuten kalakuolemia ja kasvien monimuotoisuuden vähenemistä. Liejusavi vallitsevana maalajina estää hulevesien imeyttämisen pohjavedeksi, mutta maanpäällisten viivytyskeinojen avulla voidaan imeyttää pintamaahan. Esimerkiksi hulevesilammikko kasvillisuuden kanssa tai viherpainanne kasvillisuudella. Kasvien juuret parantavat pintamaan vedenläpäisevyyttä ja estävät eroosiota sekä imeyttävät vesiä.

Hiekkamoreenisilla alueilla voi jonkin verran imeytyä hulevesiä maaperään vedenläpäisykyvyn ollessa liejusavea parempi. Hiekkamoreeni on osittain vettäläpäisevää, muttei täysin vettäläpäisevä. Suurin osa hiekkamoreenialueista sijoittuu olemassa olevan asuinalueen itäpuolelle. Asuinalue on tiheään rakennettua aluetta.

Pintavalunnan suunnan tarkastelussa käytettiin korkeusmallia. Korkeusmallilla mallinettiin pintavalunnan reitit ja suunta. Tarkastelussa tuli ilmi pintavalunnan valuvan kohti keskellä halkovaa Matalaselän ojaa. Itse ojassa virtaussuunta on etelään. Ojan vierusta on hyvin matalaa aluetta, mikä nostaa tulvariskiä sallien veden pinnanousun pidemmälle maanpinnalla. Ojaa halkoo kevyen liikenteen väylä, joka

rajoittaa virtaamaa ojassa. Virtauksen rajoittuminen siltarakenteen johdosta voi aiheuttaa veden pakkautumista ja siten nostaa veden pinnan korkeutta ojassa. Tämä on seikka, joka täytyy viivytyrakenteita mitoittaessa ja suunniteltaessa ottaa huomioon.

Viherkatoilla pystytään vähentämään syntyvän pintavalunnan määrää. Viherkatot hyödyntävät sateen suoraan niiden syntypaikallaan. Viherkatot vähentävät lisääntyvän pintavalunnan aiheuttamaa kuormitusta kevyen liikenteen väylän siltarakenteelle. Ylimääräisen veden, jota viherkatot eivät pystyisi hyödyntämään voidaan ohjata erilaisten kourujen ja painanteiden avulla istutuksille hulevesilammi-koille ja -kosteikoille. Kattoveden ohjaaminen istutuksille vähentää ja viivyttää sadevesiä lähellä niiden syntypaikkaa sekä vähentää istutuksien kastelun tarvetta.

Katualueiden vesiä voidaan ohjata puoliläpäiseville kiveyksille ja kiveyksien kautta viherpainanteeseen. Painanteen kasvillisuus puhdistaa katualueen vesiä samalla hyödyntämällä vesiä kasvillisuuden käyttöön. Kasvillisuuden hyödyntäessä vesiä käyttöönsä vähenee hulevesien määrä. Tulvatilanteiden ehkäisemiseksi katualueiden painanteet on hyvä varustaa viemärillä. Viemärin avulla vesi ohjataan viivytysalueelle.

Yleisillä alueilla esimerkiksi pysäköintialueilla hulevesien määrää voidaan vähentää ja viivyttää puoliläpäisevillä ja läpäisevillä pinnoilla. Asfaltin minimoiminen ja sen korvaaminen esimerkiksi kennosoralla tai nurmikiveyksellä vähentää läpäisevämmän pinnan määrää. Pysäköintipaikoilla voi olla kiveys myös muun kaltaisilla läpäisevillä saumoilla, kuten saumaushiekalla tai kivituhkalla. Hulevesien pois ohjaaminen niin ikään viherpainantein pois alueelta.

Tonteilla voidaan käyttää hulevesikaivoja ja -säiliöitä sadeveden keräämiseen. Hulevesikaivoihin saa kastelujärjestelmiä, joita voidaan hyödyntää pihan ja istutuksien kastelussa. Myös tonteilla pystytään ohjaamaan hulevesiä pieniä kouruja ja kivisaarroksia pitkin esimerkiksi istutuksille.

Laskelmissa huomattiin pintavalunnan lisääntyvän jopa 94,6 %. Asiaa selittää metsäisen alueen väheneminen ja asfaltti- sekä kattopinta-alan lisääntyminen tiiviissä rakentamisessa.

### **8.1 Jatkoselvitysmahdollisuudet**

Kalkin käyttö on yleistä happamuuden neutraloinnissa. Muitakin mahdollisuuksia on. Tässä olisi yksi mahdollinen jatkoselvityksen tarve. Voiko kalkin korvata jollain muulla aineella?

Toinen mahdollinen jatkoselvityksen mahdollisuus on happamien sulfaattimaiden vesienkäsittelyn keinot ja kokemukset. Niitä kun on verrattain vähän.

## LÄHTEET

Aalto-yliopisto. Viherkertoimen valtavirtaistaminen. <https://viherkerroin.aalto.fi/> Viitattu 12.1.2023

Ilmastokestävä kaupunki. Hulevesien hallintarakenteet ja niiden kunnossapito. [https://ilmastotyokalut.fi/suunnitteluopas/files/2014/07/3.2.Hulevesien-hallintarakenteet-ja-niiden-kunnossapito\\_ty%C3%B6kalu.pdf](https://ilmastotyokalut.fi/suunnitteluopas/files/2014/07/3.2.Hulevesien-hallintarakenteet-ja-niiden-kunnossapito_ty%C3%B6kalu.pdf) Viitattu 18.5.2023

Jääskeläinen, R. Geotekniikan perusteet. 2011 Tammertekniikka/Amk-Kustannus Oy. Jyväskylä. Sivut 24,47,332-333 Viitattu 15.5.2023

Kankaanpää, S. Orrenmaa, P-L. Ilmastokestävän kaupungin suunnitteluopas. Viherkerroinmenetelmällä vihreitä ja viihtyisiä pihvoja. <https://ilmastotyokalut.fi/viherea-infrastrukturi/viherkerroinmenetelma/> Viitattu 12.1.2023

Lehtovuori. <https://www.lehtovuori.fi/fi/content/13-viherkatto> Viitattu 15.5.2023

Verkojulkaisu. Geologian tutkimuslaitos. Espoo. 2005. <http://weppi.gtk.fi/aineistot/mp-opas/savimaat.htm> Viitattu 8.5.2023

Pientalojen hulevesiohjelma. Turun kaupunki. [https://www.turku.fi/sites/default/files/atoms/files/pientalon\\_hulevesiohjeet.pdf](https://www.turku.fi/sites/default/files/atoms/files/pientalon_hulevesiohjeet.pdf)

Hulevesisäiliöt ehkäisevät rankkasateiden aiheuttamia tulvia. Uponor. <https://www.uponor.com/fi-fi/infra/tuotejarjestelmat/hulevesiputkistot/hulevesisailiot>

Vaasan kaupunki. Hulevesiohjelma. 2019. [https://www.vaasa.fi/uploads/2021/10/19e434d0-hulevesiohjelma\\_valmis\\_25.10.2019.pdf](https://www.vaasa.fi/uploads/2021/10/19e434d0-hulevesiohjelma_valmis_25.10.2019.pdf) Viitattu 22.5.2023

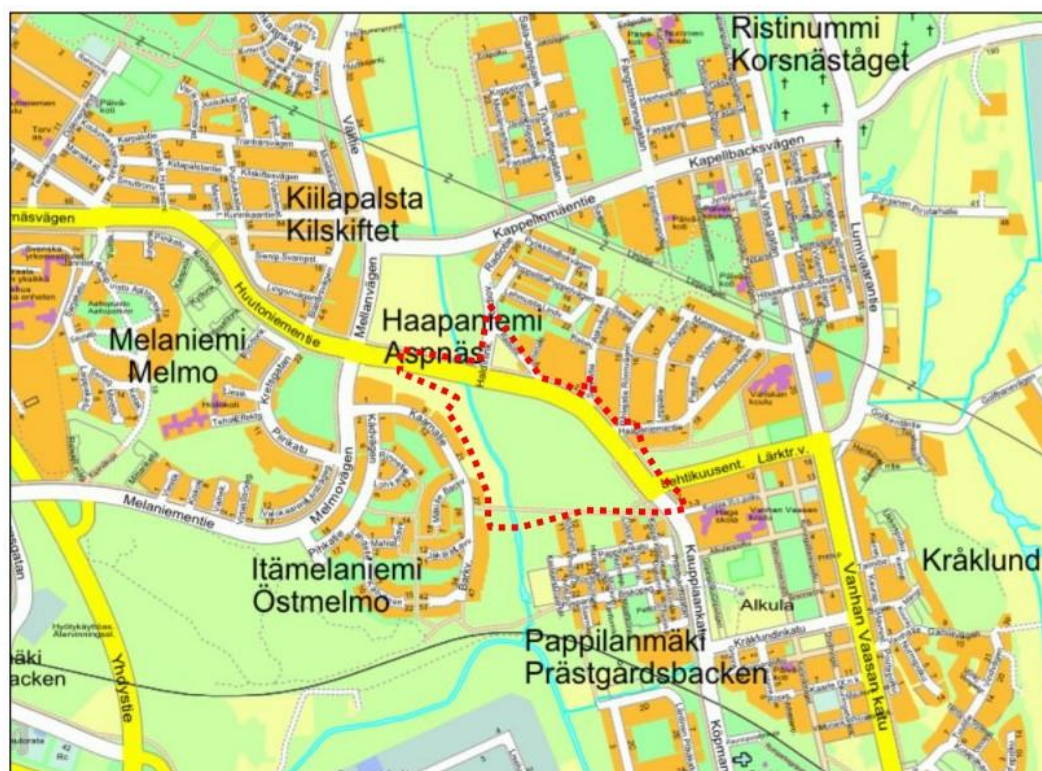
Vaasan kaupunki. Energia- ja ilmasto-ohjelma. 2016. [https://www.vaasa.fi/uploads/2019/07/90249ae1-energia- ja ilmasto-ohjelma\\_2.pdf](https://www.vaasa.fi/uploads/2019/07/90249ae1-energia- ja ilmasto-ohjelma_2.pdf) Viitattu 22.5.2023

Vesi.fi. Hulevesien luonnonmukainen hallinta. Suomen ympäristökeskus, ELY-keskukset, ilmatieteen laitos, Tulvakeskus. <https://www.vesi.fi/vesitieto/hulevesien-luonnonmukainen-kasittely/> Viitattu 22.5.2023

Wikipedia. Vaasa. 2023. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Vaasa> Viitattu 22.5.2023

## LIITTEET

LIITE 1 Asemakaavan ak1128 Pappilanmäen laajennuksen kaavarajaus.



LIITE 2 Raportti Vaasan kaupungille.



## **PAPPILANMÄEN HULEVESISELVITYS**

**RAPORTTI**

**Aino Laitinen**

**23.05.2023**





# PAPPILANMÄEN HULEVESISELVITYS

RAPORTTI

Aino Laitinen

23.05.2023



## SISÄLLYS

JOHDANTO.....	3
1 HULEVESIEN KÄSITTELYMENETELMIÄ.....	6
1.1 Ekologisen hulevesien käsittelyn periaatteita.....	6
1.2 Hulevesien vähentämis- ja imeytysmenetelmiä .....	8
1.3 Hulevesien johtamismenetelmiä .....	9
1.4 Hulevesien viivytysmenetelmiä.....	10
1.5 Hulevesien hallinta asemakaava-alueilla .....	12
1.6 Happaman valunnan käsittelykeinoja .....	13
2 SELVITYSALUEEN KUVAUS.....	15
2.1 Sijainti .....	15
2.2 Yleistietoa alueesta .....	18
2.3 Selvitysalueen maaperä .....	23
3 VALUNTA SELVITYSALUEELLA.....	27
3.1 Valuma-alue .....	27
3.2 Valumakertoimien määrittäminen.....	30
3.3 Muodostuvan pintavalunnan laskeminen.....	32
3.4 Hulevesien käsittely selvitysalueella .....	35
3.5 Tulviminen selvitysalueella .....	36
4 YHTEENVETO .....	37
LÄHTEET.....	39

Päiväys:	23.05.2023
Raportin laadinta:	Aino Laitinen © 2023
Kuvat:	Vaasan kaupunki
Kartat:	Aino Laitinen © 2023

## JOHDANTO

Ohjaajina toimivat tässä selvityksessä Vaasan kaupungilta ympäristöinsinööri Laura Lahti ja maisema-arkkitehti Helena Iltanen sekä Vaasan ammattikorkeakoulusta lehtori Irma Hyry. Selvityksen pohjana on käytetty Vaasan kaupungin raporttipohjaa. Selvitys laadittiin kaavoituksen tueksi Pappilanmäen laajennuksen asemakaavaa ak 1128 varten. Hulevesiselvityksen tavoitteena on selvittää muuttuvan maankäytön vaikutus alueen hulevesiin sekä löytää mahdollisia hulevesien käsittelykeinoja. Tarkastelu on tehty valuma-alue lähtöisesti, minkä vuoksi selvitysalueen rajauksena on käytetty asemakaavan suunnittelualueita laajempaa aluetta.

Työssä määritettiin hulevesien valumissuunnat ja osavaluma-alueet. Keskimääräiset valumakertoimet laadittiin niille osavaluma-alueille, joille kohdistui muutoksia. Valumakertoimien pohjalta laskettiin hulevesimäärät ja virtaamat mitoitusasteita hyödyntäen. Laskenta on tehty nykytilanteelle ja suunnitellulle maankäytölle, joka on selvitystä tehdessä ollut tiedossa. Laskennalliset hulevesimäärät ovat suuntaa antavia, minkä vuoksi tarkempaa mitoitusta varten suunnittelun edetessä tulee tarkemmat määrät laskea uudelleen.

Vaasan kaupungin hulevesiohjelmassa 2019 on maankäyttö- ja rakennuslakiin 103 c § ja Hulevesioppaaseen perustuvaan määritetty hulevesien hallinnan tärkeysjärjestys:

1. Hulevesien synnyn ehkäiseminen eli määrän vähentäminen
2. Hulevesien hyödyntäminen syntypaikallaan (käyttö ja imeytys)
3. Hulevesien käsittely ja pois johtaminen hidastavalla ja viivyttävällä järjestelmällä
4. Hulevesien käsittely ja pois johtaminen hulevesiviemäriissä yleisillä alueilla sijaitseville hidastus- ja viivytysalueille ennen vesistöön johtamista
5. Hulevedet johdetaan hulevesiviemäriissä suoraan vastaanottavaan vesistöön

Maankäyttö- ja rakennuslain 103 c § perustuvaan päämäärän mukaan hulevesien hallinnan yleisenä tavoitteena on kehittää hulevesien suunnitelmallista hallintaa asemakaava-alueella, imeyttää ja viivyttää hulevesiä niiden kerääntymisalueella, ehkäistä hulevesistä aiheutuvia haittoja ympäristölle ja kiinteistölle sekä edistää luopumista hulevesien johtamisesta jätevesiviemäriin.



## Kuvaluettelo

<i>Kuva 1. Veden kiertokulku luonnossa.</i>	8
<i>Kuva 2. Imeytyspainanne</i>	9
<i>Kuva 3. Viherpainanne.</i>	10
<i>Kuva 4. Poikkileikkaus kosteikosta.</i>	11
<i>Kuva 5. Hulevettä viivyttävä lammikko.</i>	11
<i>Kuva 6. Neutraloivan suodatinkentän periaatepiirros (Ympäristöministeriö 2022)</i>	13
<i>Kuva 7. Laskeutusaltaan ja suotopatorakenteen periaatepiirros. (Ympäristöministeriö 2022)</i>	14
<i>Kuva 8. Vanhan Vaasan laakson vedenjakajat (Aalto A-K.).</i>	24

## Karttaluettelo

Kartta 1. Selvitysalueen sijainti.	15
Kartta 2. Selvitysalueen rajausta ilmakuvalta esitettynä.	16
Kartta 3. Sijainti peruskartalla esitettynä.	17
Kartta 4. Selvitysalueen pinnanlaadut nykytilassa.	20
Kartta 5. Selvitysalueen pinnanlaadut suunnitellussa maankäytössä.	21
Kartta 6. Pinnanlaadut nykytilassa kuvattuna lähempää muutoksia.	22
Kartta 7. Pinnanlaadut suunnitellussa maankäytössä kuvattuna lähempää muutoksia.	23
Kartta 8. Selvitysalueen pohjamaalajit esitettynä kartalla.	25
Kartta 9. Selvitysalueen maanpinnan korkeus.	26
Kartta 10. Selvitysalueen osavaluma-alueet A-Ä.	28
Kartta 11. Selvitysalueen osavaluma-alueet, päävirtaussuunta ja maanpinnan korkeus.	29
Kartta 12. Selvitysalueen vesiolosuhteet.	30
Kartta 13. Kerran sadassa vuodessa toistuvan meritulvan vaikutusalue selvitysalueella.	37

## Taulukkoluetelo

Taulukko 1. Osavaluma-alueiden G ja H yhteenlaskettu pinnanlaadut nykytilassa ja suunnitellussa maankäytössä.	18
Taulukko 2. Osavaluma-alueiden J ja K yhteenlasketut pinnanlaadut nykytilassa sekä suunnitellussa maankäytössä.	19
Taulukko 3. Taulukko valumakertoimien arvoista pinnanlaatuja mukaan. (Katu 2002)	31
Taulukko 4. Osavaluma-alueiden keskimääräiset valumakertoimet.	31
Taulukko 5. Selvitysalueen osavaluma-alueiden (G,H,J,K) mitoitusvesimäärät (m <sup>3</sup> ) nykytilassa.	33
Taulukko 6. Selvitysalueen osavaluma-alueiden (G,H,J,K) mitoitusvesimäärät (m <sup>3</sup> ) suunnitellussa maankäytössä.	33
Taulukko 7. Selvitysalueen osavaluma-alueiden (G,H,J,K) mitoitusvirtaamat (l/s) nykytilassa.	34
Taulukko 8. Selvitysalueen osavaluma-alueiden (G,H,J,K) mitoitusvirtaamat (l/s) suunnitellussa maankäytössä.	34

## 1 HULEVESIEN KÄSITTELYMENETELMIÄ

### 1.1 Ekologisen hulevesien käsittelyn periaatteita

Veden luonnollinen kiertokulku voidaan jakaa neljään osaan sadantaan, valuntaan, haihduntaan ja imeyttämiseen. Suurin osa sadannasta imeytyy maaperään pohjavedeksi ja virtaa kohti vesistöjä ja merta. Rakennettu ympäristö ja läpäisemätön pinta häiritsee tätä luonnollista kiertoa. (Suomen kuntaliitto 2012)

Rakennetulla alueella maanpinnalle ja muille vastaaville pinnoille kertyviä sade- ja sulamisvesiä kutsutaan hulevedeksi. Monet tekijät vaikuttavat hulevesien muodostumiseen, muun muassa sateen voimakkuus ja kesto, maankaltevuus, maaperän ominaisuudet ja sadetta edeltävän kuivan ajan pituus. (Suomen kuntaliitto 2012)

Perinteisen hulevesiviemäröinnin tueksi on kehitetty uusia toimintatapoja ja rakenteellisia ratkaisuja, jotka noudattavat luonnonmukaisen hulevesien hallinnan periaatteita. Asemakaavoituksen avulla ehkäistään hulevesihaittoja. Haittojen minimoimiseen käytettäviä menetelmiä ovat mm. alkuperäisen luonnon säilyttäminen, päällystettävien pintojen minimoiminen sekä hulevettä viivyttävät kosteikot. (Suomen kuntaliitto 2012)

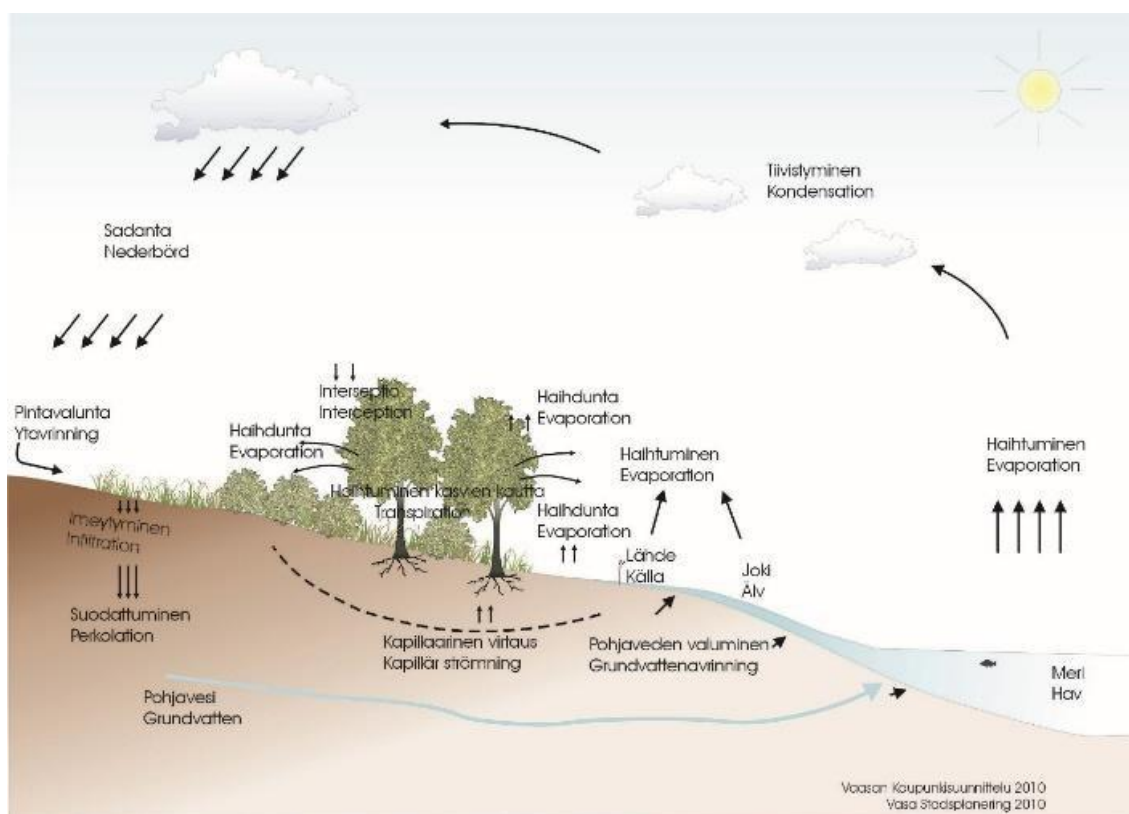
Luonnon omia prosesseja hyödynnetään luonnonmukaisessa hulevesien käsittelyssä. Luonnon omissa prosesseissa hulevesi pääsee kosketuksiin maan, ilman, kasvillisuuden ja mikro-organismien kanssa. Tavoitteena on saada hulevesien laatu lähelle luonnontilaista vettä ennen vesistöihin laskua. Hitaasti prosessien läpi kulkiessaan hulevesi puhdistuu samalla. Imeytyessään ja suodattuessaan maaperään hulevesien määrä vähenee. (Pihlajamaa 2010)

Pohjavesi- ja pintavesivarastoja sekä maan kosteustasapainoa voidaan ylläpitää luonnonmukaisella hulevesien käsittelyllä. Hulevesien määrä vähentyy, kun osa vedestä imeytyy takasin maahan tai haihtuu luonnonmukaisen käsittelyn eri vaiheissa. Luonnonmukainen hulevesien käsittely on moniulotteinen menetelmä, joka toteuttaa useita eri vaiheita. (Pihlajamaa 2010)

Toimintaperiaatteen mukaan luonnonmukaiset hulevesien hallintamenetelmät jaetaan hulevesien vähentämiseen, käsittelyyn, viivyttämiseen ja johtamiseen. Alueelliset ja paikalliset (tontti- ja korttelikohtaiset) menetelmät jakautuvat kokonsa ja sijoittumisensa mukaan.

Paikallisilla menetelmillä vähennetään hulevesien määrää, tasataan huleveden virtaamia ja poistetaan huleveden mukana kulkeutuvia epäpuhtauksia mahdollisimman lähellä hulevesien syntyäpaikkaa. Alueellisilla menetelmillä vähennetään ja tasataan hulevesien aiheuttamaa tulvariskiä. Hulevesien hallintamenetelmät kuitenkin käytännössä toteuttavat useampaa periaatetta samaan aikaan. (Suomen kuntaliitto 2012)

Maisemarakenteen eri osissa ovat hulevesien hallintamenetelmät erilaisia. Vedenjakaja-alueet sopivat hulevesien imeyttämiseen pohjavedeksi. Suodatinrakenteilla, avopainanteilla ja uomissa hidastetaan huleveden virtausta rinteissä. Maisemarakenteen laaksonpohjilla alavilla savikkoisilla alueilla imeytyminen on hyvin vähäistä. Silloin on mahdollista suodattaa likaiset hulevedet kuivatusputkistoilla varustetuissa painanteissa, jotka ovat läpäisevää materiaalista. Pihojen ja puistoalueiden vesiaiheiksi suunniteltavissa lammissa ja kosteikoissa voidaan viivyttää puhtaita ja suodatettuja vesiä ennen niiden purkamista vesistöihin. (Suomen kuntaliitto 2012)



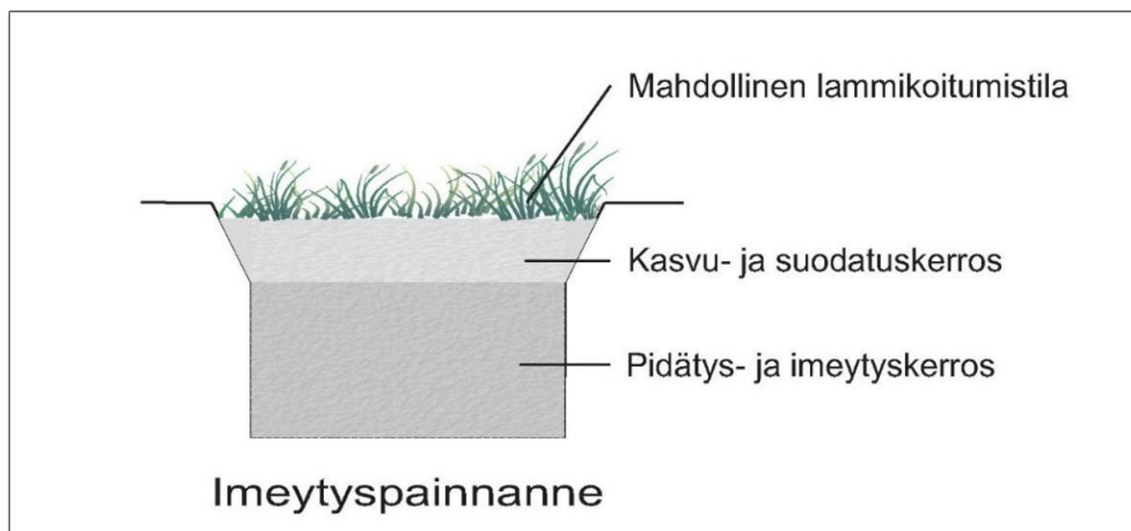
Kuva 1. Veden kiertokulku luonnossa.

## 1.2 Hulevesien vähentämis- ja imeytysmenetelmiä

Tärkein osa hulevesien hallintaa on hulevesien vähentäminen. Vain hulevesien vähentämiseen kuuluvilla toimenpiteillä voidaan ennallistaa hydrologista kiertoa vastaamaan rakentamista edeltävää tasoa. Huleveden kokonaismäärää voidaan vähentää ja siirtää osaksi maa- ja pohjavettä tai ilmakehän vettä ainoastaan rajoittamalla hulevesien muodostumista (vähentämällä rakennettujen pintojen määrää), imeyttämällä muodostuneita hulevesiä tai haihduttamalla niitä kasvillisuuden avulla. (Suomen kuntaliitto 2012)

Syntypaikalla tehtävät toimenpiteet ovat ensisijaisesti tärkeitä hulevesien kannalta. Syntypaikalla tehtävillä toimenpiteillä ehkäistään hulevesien muodostumista esimerkiksi viherkattojen ja kattopuutarhojen avulla sekä hyödyntämällä paikallisesti kattovesiä ja imeyttämällä ne syntypaikallaan. Jättämällä piha-alueita päällystämättä ja käyttämällä läpäiseviä päällysteitä voidaan yksinkertaisimmillaan myötävaikuttaa imeyttämistä. Läpäiseviä päällysteitä voivat olla muun muassa reikäläatta ja -kiveys, kennosora sekä AA eli avoin asfaltti. Itse imeytysrakenteet

voivat varioida yksinkertaisista kivipesistä, sorasaarroista ja muista imeytyspainanteista ja -kaivoista maanalaisiin imeytyskenttiin ja jopa tehdasmaisiin järjestelmiin. On kuitenkin taattava, ettei pohjaveden pilaantumiskieltoa rikota. (Suomen kuntaliitto 2012, Hyöty 2007)



Kuva 2. Imeytyspainanne

### 1.3 Hulevesien johtamismenetelmiä

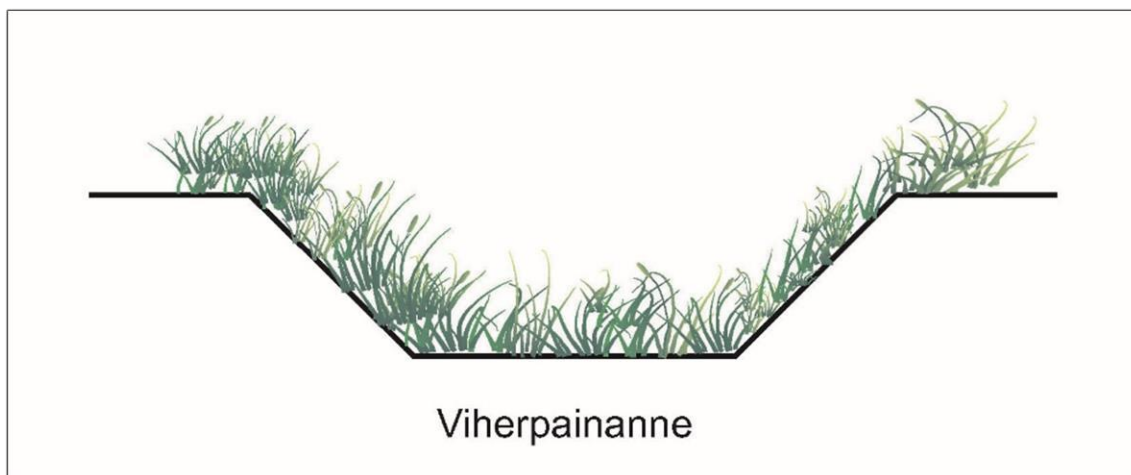
Hulevesiä kerätään ja ohjataan hulevesien johtamismenetelmillä niin, että virtaama hidastuu ja epäpuhtauksien laskeutuminen ja imeytyminen mahdollistuvat. Johtamisreittien kasvillisuudella, pienellä pituuskaltevuudella ja riittävällä pituudella voidaan hidastaa johtamisreittien virtaamaa. (Suomen kuntaliitto 2012)

Hulevesien ohjaamiseen on pääsääntöisesti kaksi vaihtoehtoa. Ensimmäinen on hulevesien johtaminen avoimissa järjestelmissä, joita ovat esimerkiksi avo-ojat, purot, kourut, kanavat ja muut avouomavirtauksen menetelmät. Toinen vaihtoehto on johtaa putkijärjestelmissä. (Suomen kuntaliitto 2012)

Määrällisen ja laadullisen hulevesien hallinnan kannalta paras menetelmä hulevesien johtamiseen ja keräämiseen on avoin kuivatusjärjestelmä. Tämä avoin kuivatusjärjestelmä koostuu usein painanteista, avo-ojista ja tarvittaessa rummuista ja hulevesiviemäriosuuksista. (Suomen kuntaliitto 2012)



Alueille, joilla maankäyttö ja rakentaminen on väljää, soveltuu hulevesien johtaminen maan pinnalla. Pienillä valuma-alueilla (yksittäisten kiinteistöjen ja tonttien alueilla) pintajärjestelmiä voidaan käyttää myös tiivistä rakennetuissa kohteissa. (Suomen kuntaliitto 2012)



Kuva 3. Viherpainanne.

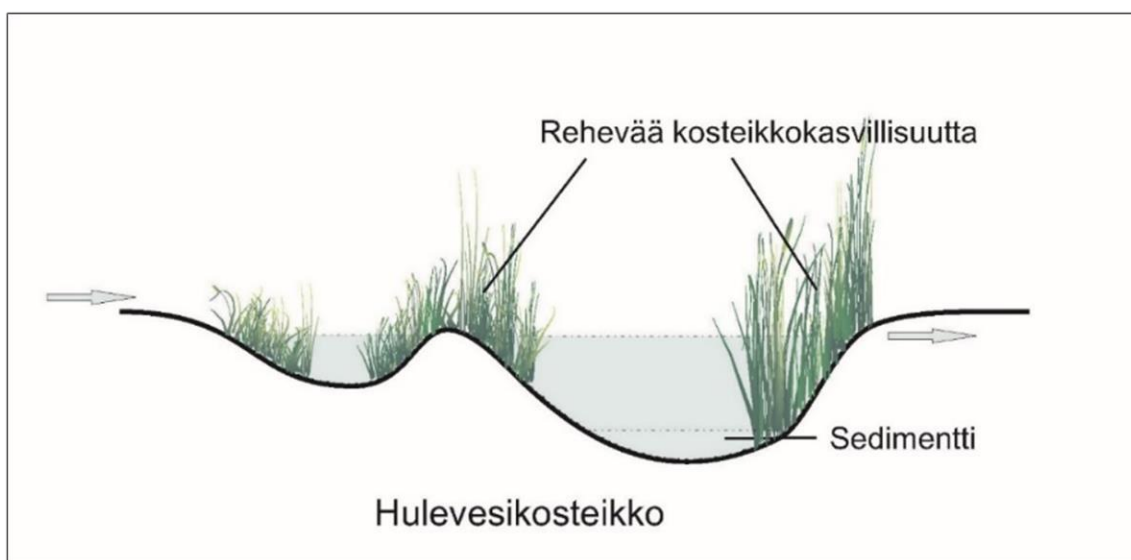
#### 1.4 Hulevesien viivytysmenetelmiä

Hulevesien aiheuttamaa virtaamaa hidastetaan ja pidätetään viivytysmenetelmillä. Johdettava hulevesi varastoidaan tietyksi aikaa viivytysmenetelmien avulla ja vapautetaan vähitellen. Erilaiset viivytysmenetelmät voidaan karkeasti luokitella kosteikkoihin, lammikoihin, painanteisiin sekä rakennettuihin altaisiin ja kaivantoihin. Painanteet ja kaivannot kuivuvat sadetapahtumien välissä, kun taas kosteikoissa ja lammikoissa sekä altaissa on tyypillisesti pysyvä vesipinta. (Suomen kuntaliitto 2012, Hyöty 2007)

Kosteikko on veden peitossa suurimman osan ajan vuodesta ja pysyy kosteana myös muunkin ajan vuodesta. Tyypillisesti kosteikossa on vesi- ja kosteikkokasvillisuutta. Kosteikon luiskan kaltevuuden tulee olla loiva. Alkupäähän kosteikkoa suositellaan toteutettavaksi tasausallasta, jonka tilavuus 10–15 % kosteikon mitoitustilavuudesta. Pituuden ja leveyden suhteen tulisi olla kosteikossa vähintään 2:1. (Hyöty 2007)

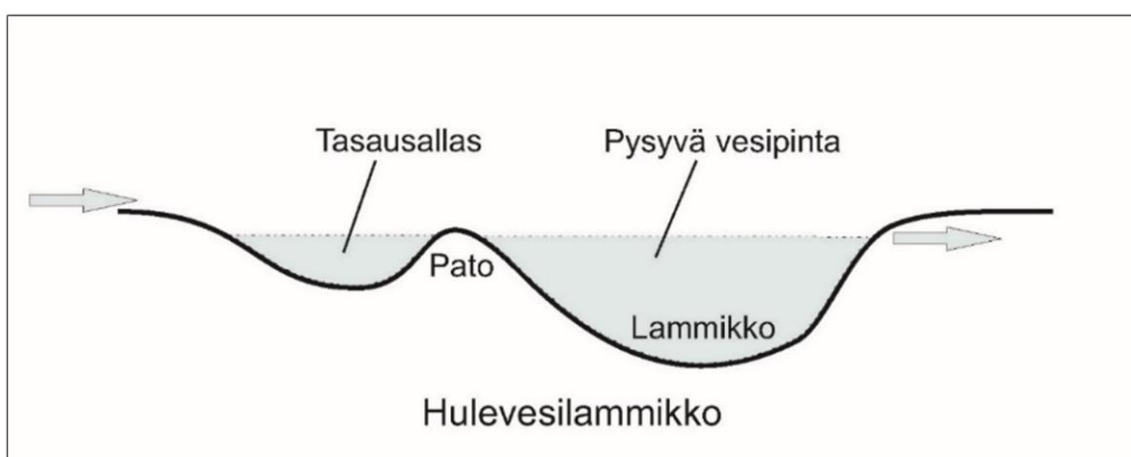
Hulevesilammikoissa on tilaa veden väliaikaiseen varastointiin sekä pysyvä avovesipintainen alue. Keskisyvyyden tulisi lammikoissa olla 1–1,5 metriä ja maksimisyvyyden alle 2,5 metriä. Reuna-alueiden tulisi lammikoissa olla loivia. (Hyöty 2007)

Hulevedet pääsevät lammikoitumaan viivytyspainanteisiin, jotka ovat ympäristöään alempia alueita. Painanteiden virtausta säädellään siihen suunnitellulla rakenteella, jonka on tarkoitus tyhjentää viivytystilavuus muutaman vuorokauden kuluessa täyttymisestään. Viivytyspainanteet voivat sisältää kasvillisuutta ja olla kasvillisuuden peittämiä. (Hyöty 2007)



Kuva 4. Poikkileikkaus kosteikosta.

Hulevesien viivyttämiseen käytetään myös keinotekoisia rakennettuja altaita. Rakennetut vesialtaat voivat olla esimerkiksi betonia. Altaissa pyritään säilyttämään pysyvä vesipinta. Altaat tulee varustella ylivuotoputkella ja tyhjennysputkella. (Hyöty 2007)



Kuva 5. Hulevettä viivyttävä lammikko.

Hulevesiä voidaan viivyttää myös maanalaisilla rakenteilla eli viivytyskaivannoilla. Alueille, joilla maanpäälliselle ratkaisulle ei ole tilaa ja jossa on hulevesien viivyttämiseen tarve, soveltuu viivytyskaivannot hyvin. Viivytyskaivannot tarvitsevat salaojituksen ja purkuputken. (Hyöty 2007)

### 1.5 Hulevesien hallinta asemakaava-alueilla

Maankäyttö- ja rakennuslain 103 c § määrittää hulevesien hallinnan yleisiksi tavoitteiksi hulevesien suunnitelmallisen hallinnan kehittämisen asemakaava-alueella, hulevesien imeyttämisen ja viivyttämisen niiden kerääntymispaikalla, hulevesistä ympäristölle ja kiinteistöille aiheutuvien vahinkojen ehkäisemisen. Samalla pyritään luopumaan hulevesien johtamisesta jätevesiviemäriin.

Tiiviisti rakennetuilla keskusta-alueilla syntyvät suurimmat hulevesien aiheuttamat ongelmat. Läpäisemätön pinta synnyttää sade- ja sulamisvesistä nopeasti ja tehokkaasti pintavaluntaa. Luonnonoloissa rankoillakin sateilla pintavalunnan osuus kokonaisvalunnasta on usein vähäinen, mutta tiiviisti rakennetussa taajamassa pienetkin sateet aiheuttavat paljon pintavaluntaa. (Suomen kuntaliitto 2012)

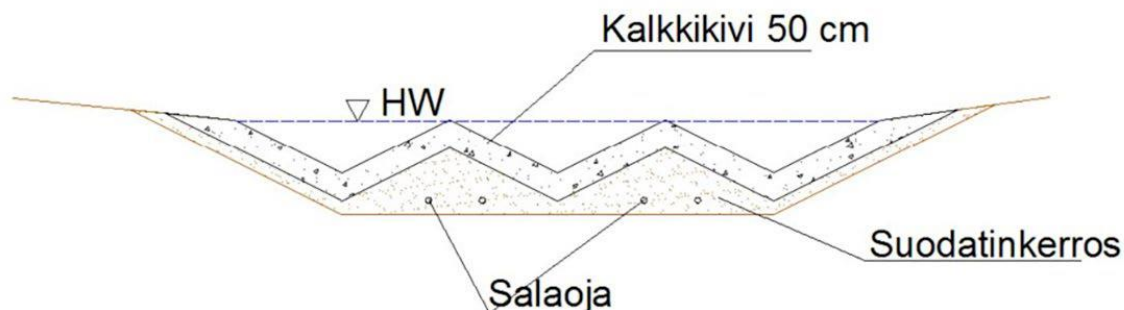
Yleensä hulevesiviemäröinti pyritään järjestämään painovoimaisesti luonnollisia valumareittejä hyödyntäen sekä luonnolliset valuma-aluerajat huomioiden. Hydrologisen kierron kannalta viemäröinti ei vastaa luonnonmukaista menetelmää, vaikka luonnollisia valumareittejä noudatettaisiin. Hulevedet ohjautuvat viemäröinnillä liian nopeasti ja käsittelemättöminä purkuvesiin. Viemäröinti myös estää hulevesien imeytymisen maaperään. Tämä aiheuttaa esimerkiksi rantavyöhykkeen eroosiota ja heikentää vesistön tilaa sekä suurentaa virtaamien vaihteluita. Hulevesiviemäriverkoston mitoitusta voidaan pienentää erilaisin hulevesien hallintamenetelmin sekä vähentää tulvimisherkkyttä ja purkuvesistön kuormitusta. Maanalaisia putkijärjestelmiä tarvitaan silti osana hulevesien hallinnan kokonaisratkaisua uusista hallintamenetelmistä huolimatta. (Suomen kuntaliitto 2012)

Virtauksen hidastaminen uoman suistossa ranta-alueella on yksi mahdollisuus hulevesien mukana kulkeutuvalla kiintoaineksen ottamiseksi talteen ennen purkuvesiin päätymistä. Virtaus jakaantuu ja tasaantuu rantavyöhykkeellä tai vesikasvillisuuden seassa olevissa ojastoissa, joihin

voidaan johtaa pienestä taajamapurosta, hulevesiviemäristä tai -ojasta purkautuvaa vettä. Näin saadaan kiintoaines suodattumaan kasvillisuuteen. Hulevesiä kulkevan uoman suistossa voi olla esimerkiksi kosteikko tai laskeutusallas. Maanpenkereellä voi erottaa uoman järven tai meren matalasta ranta-alueesta. Näin rakenne muistuttaa keinotekoista fladaa, laguunia tai kluuvijärveä. Vesitilavuus saadaan matalalla ranta-alueella helposti suureksi. (Suomen kuntaliitto 2012)

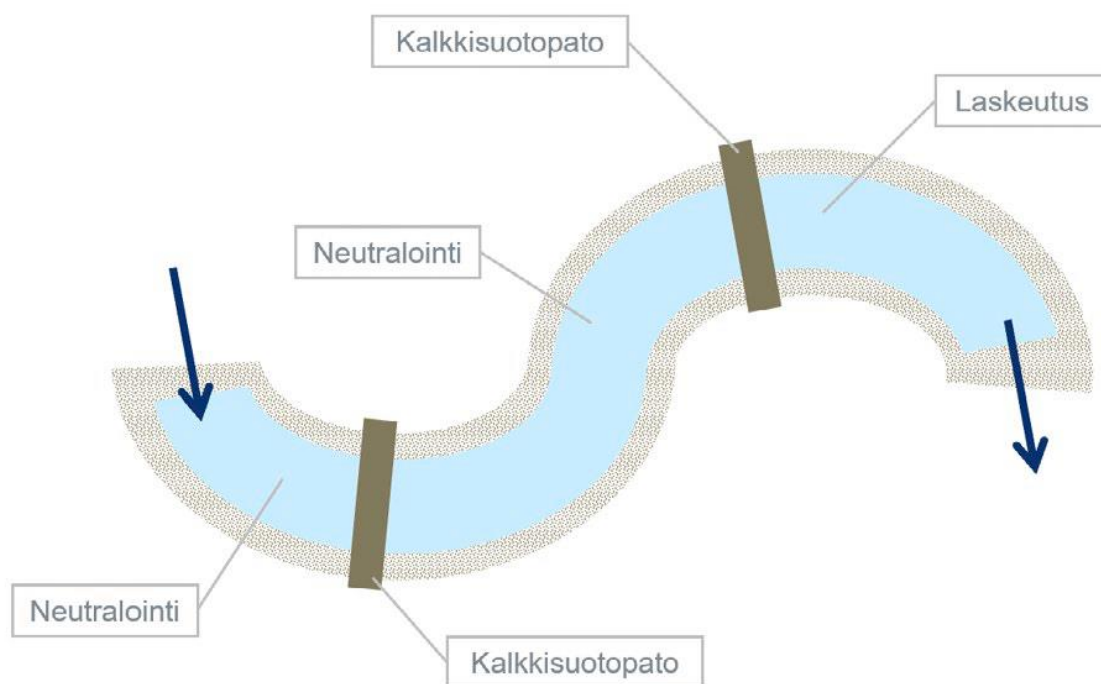
## 1.6 Happaman valunnan käsittelykeinoja

Tarvittaessa happaman valunnan neutralointikeinoina voidaan käyttää pysyviä rakenneratkaisuja. Maapohjainen suotokenttä rakenteen periaatepiirros on esitetty kuvassa 6. Tässä tapauksessa hapen valunta ohjataan maanpäälliseen avoaltaaseen, jonka kautta vesi suotaantuu kalkkikivikerroksen läpi salaojakerrokseen. Salaojakerroksesta vesi ohjataan laskeutusaltaan kautta vesistöön. Rakenteessa tulee huomioida, se että rakenteeseen ohjataan vain happamoitumisriskin alueiden vesiä ja muut pintavaluntana neutraalit vedet ohjataan suodatin kentän ohitse. (Ympäristöministeriö 2022)



Kuva 6. Neutraloivan suodatinkentän periaatepiirros (Ympäristöministeriö 2022)

Kalkkisuotopatorakenne (kuva7) neutraloi vettä kalkkirakeita sisältävän padon avulla, jonka läpi vesi johdetaan. Metallisakan poistamiseksi kalkkisuotopadon jälkeen tulee olla laskeutusallas. Rakenteessa tulee huomioida huolto. Kalkkimateriaalin saattaa tukkeutua tai menettää neutralointikykyä, jolloin se tulee vaihtaa. (Ympäristöministeriö 2022)



Kuva 7. Laskeutusaltaan ja suotopatorakenteen periaatepiirros. (Ympäristöministeriö 2022)

Erikoisvalmisteiset kaivot ovat neutralointiin tarkoitettuja kaivoja, joissa vesi johdetaan paineella kaivon alareunasta sisään ja yläosasta ulos. Granuloitua sammutettua kalkkia käytetään kaivoissa neutralointi aineena. Kyseessä on voimakas emäs, jonka käyttöturvallisuuteen on kiinnitettävä huomioita. Kalkkia kuluu ja sitä tarvitseekin lisätä pienissä erissä. Neutraloinnin aikana voi syntyä metallisakkaa, jota varten tulee neutraloinnin jälkeen varata tilaa esimerkiksi laskeutusaltaaseen. Metallisakka tulee käsitellä asianmukaisesti neutraloinnin jälkeen esimerkiksi jätteenkäsittelylaitoksella. (Ympäristöministeriö 2022)

## 2 SELVITYSALUEEN KUVAUS

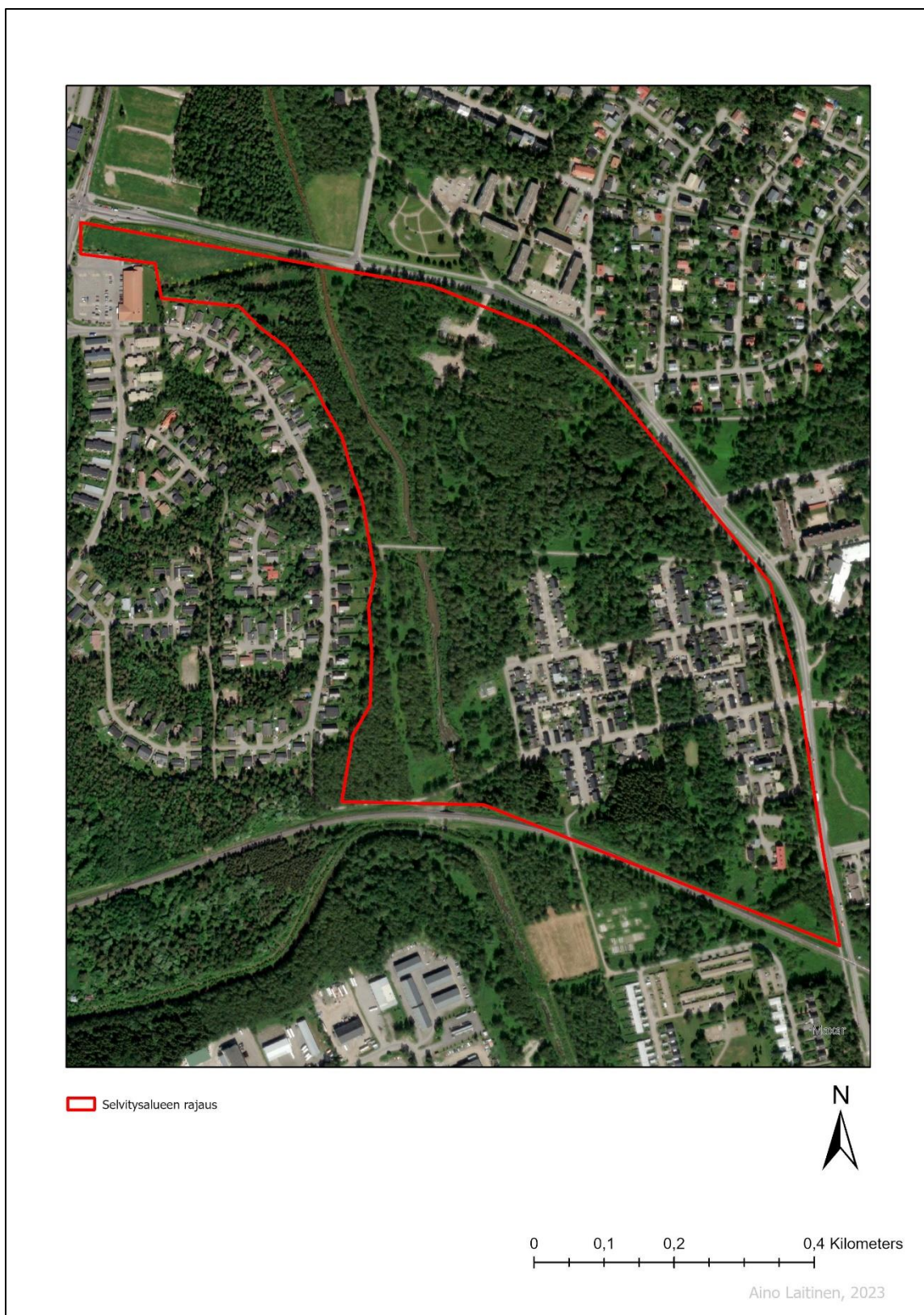
### 2.1 Sijainti

Pappilanmäki sijaitsee noin 5 km päässä Vaasan keskustasta kaakkoon. Selvitysalue rajautuu idässä Melaniemen pientalotontteihin, etelässä rautatiehen ja idässä Kauppiaankatuun sekä pohjoisessa Huutoniementiehen. Selvitysalue on kooltaan noin 45 hehtaaria. Selvitysalueen raja on esitetty kartoilla 1–3.

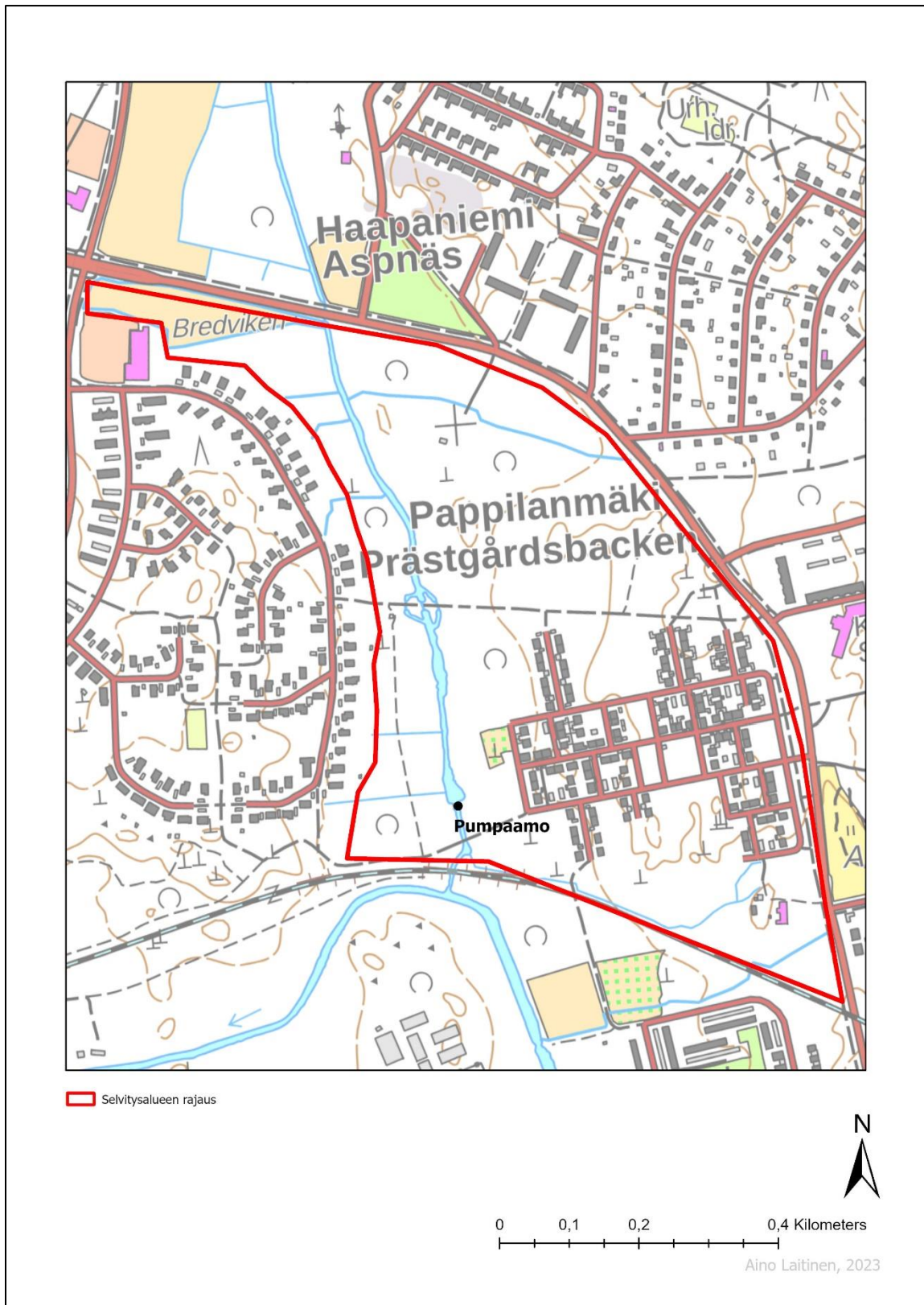


Kartta 1. Selvitysalueen sijainti.





Kartta 2. Selvitysalueen rajaus ilmakuvalla esitettynä.



Kartta 3. Sijainti peruskartalla esitettynä.



## 2.2 Yleistietoa alueesta

Alueen eteläosassa on tiiviisti rakennettu asuinalue, jonka pohjoispuolelle jää metsäalue. Selvitysalueen halkoo kahtia länsi-itä suunnasta soratie Melaniemen pientaloalueelta Kauppiaankadulle. Alueen halkoo kahtia pohjois-etelä suunnasta Matalaselänoja, joka toimii valtaojana. Selvitysalueella pohjois-itä suunnasta reunustaa vilkkaasti liikennöity Huutoniementie, joka muuntuu Kauppiaankaduksi.

Suunnitellun maankäytön muutokset selvitysalueella vaikuttavat pohjoisosassa sijaitseviin osavaluma-alueiden G, H, J ja K pintavaluntaan. Pinnanlaatujen suurin muutos kohdistuu valuma-alueille G ja H. Yhteenlasketut pinnanlaadut ja muutosprosentit on esitetty taulukoissa 1 (G ja H) ja 2 (J ja K). Alueilla G ja H lisääntyy kattopinta-ala 917 %, asfaltti 166 %, puistomainen piha 279 % ja vähenee metsä 28 % sekä sora 26 % verrattuna nykytilaan.

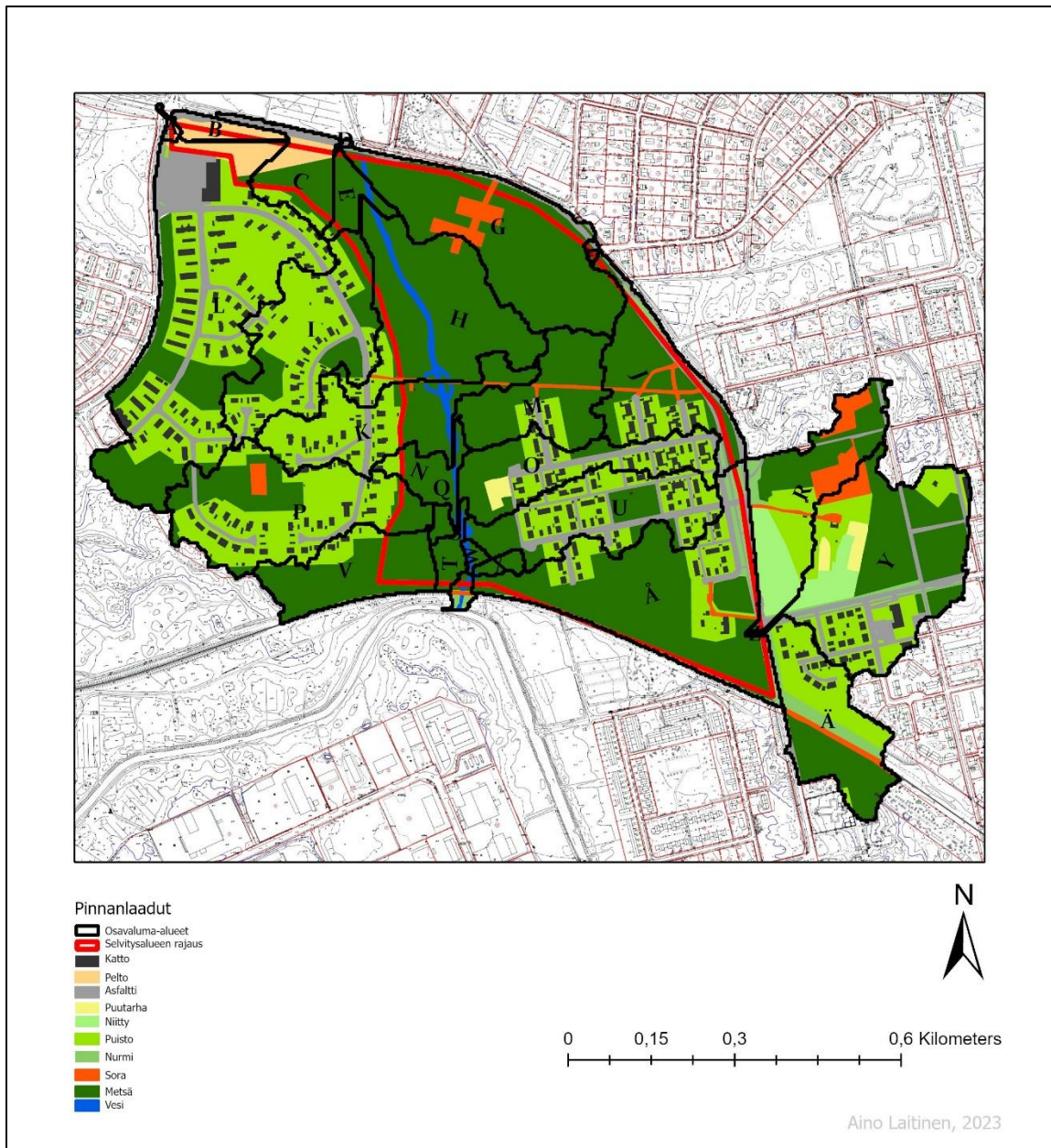
Ortoilmakuvatarkastelun perusteella sekä maastotietokantaa hyödyntäen selvitysalueen osavaluma-alueet ovat jaettu kymmeneen pinnanlaatutyyppiin. Suunnitellun maankäytön pinnanlaadut ovat arvioitu kaavaluonnoksen 30.3.2023 pohjalta. Selvitysalueen osavaluma-alueiden nykytilan pinnanlaadut ovat havainnollistettuna kartalla 4, 6 ja suunnitellun maankäytön pinnanlaadut ovat esitetty kartalla 5, 7.

*Taulukko 1. Osavaluma-alueiden G ja H yhteenlaskettu pinnanlaadut nykytilassa ja suunnitellussa maankäytössä.*

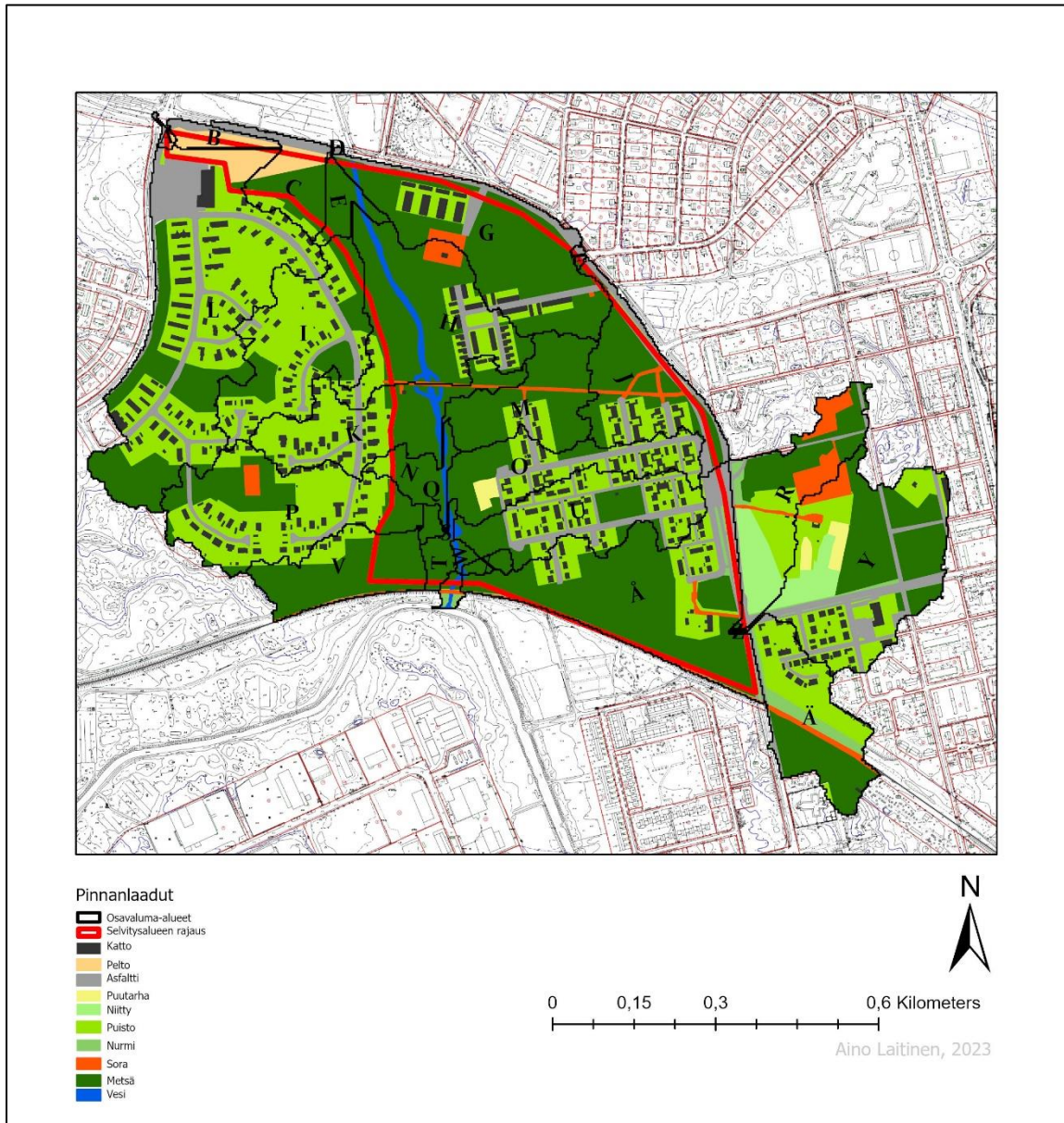
Pinnanlaatu	Nykytilan pinta-ala (m <sup>2</sup> )	Suunnitellun maankäytön pinta-ala (m <sup>2</sup> )	Muutos
Katto	761	7735	917 %
Asfaltti	4532	12033	166 %
Nurmetettu luiska	0	0	0 %
Sora	6175	4575	-26 %
Vesi	3394	3394	0 %
Metsä	132160	94578	-28 %
Puistomainen piha	5623	21323	279 %
Pelto	0	0	0 %
Niitty	0	0	0 %
Puutarha	0	0	0 %

*Taulukko 2. Osavaluma-alueiden J ja K yhteenlasketut pinnalaadut nykytilassa sekä suunnitellussa maankäytössä.*

Pinnanlaatu	Nykytilan pinta-ala (m <sup>2</sup> )	Suunnitellun maankäytön pinta-ala (m <sup>2</sup> )	Muutos
Katto	6268	6463	3 %
Asfaltti	9009	9614	7 %
Nurmetettu luiska	2313	2313	0 %
Sora	2906	2906	0 %
Vesi	1438	1438	0 %
Metsä	44454	42584	-4 %
Puistomainen Piha	37533	38516	3 %
Pelto	0	0	0 %
Niitty	0	0	0 %
Puutarha	0	0	0 %

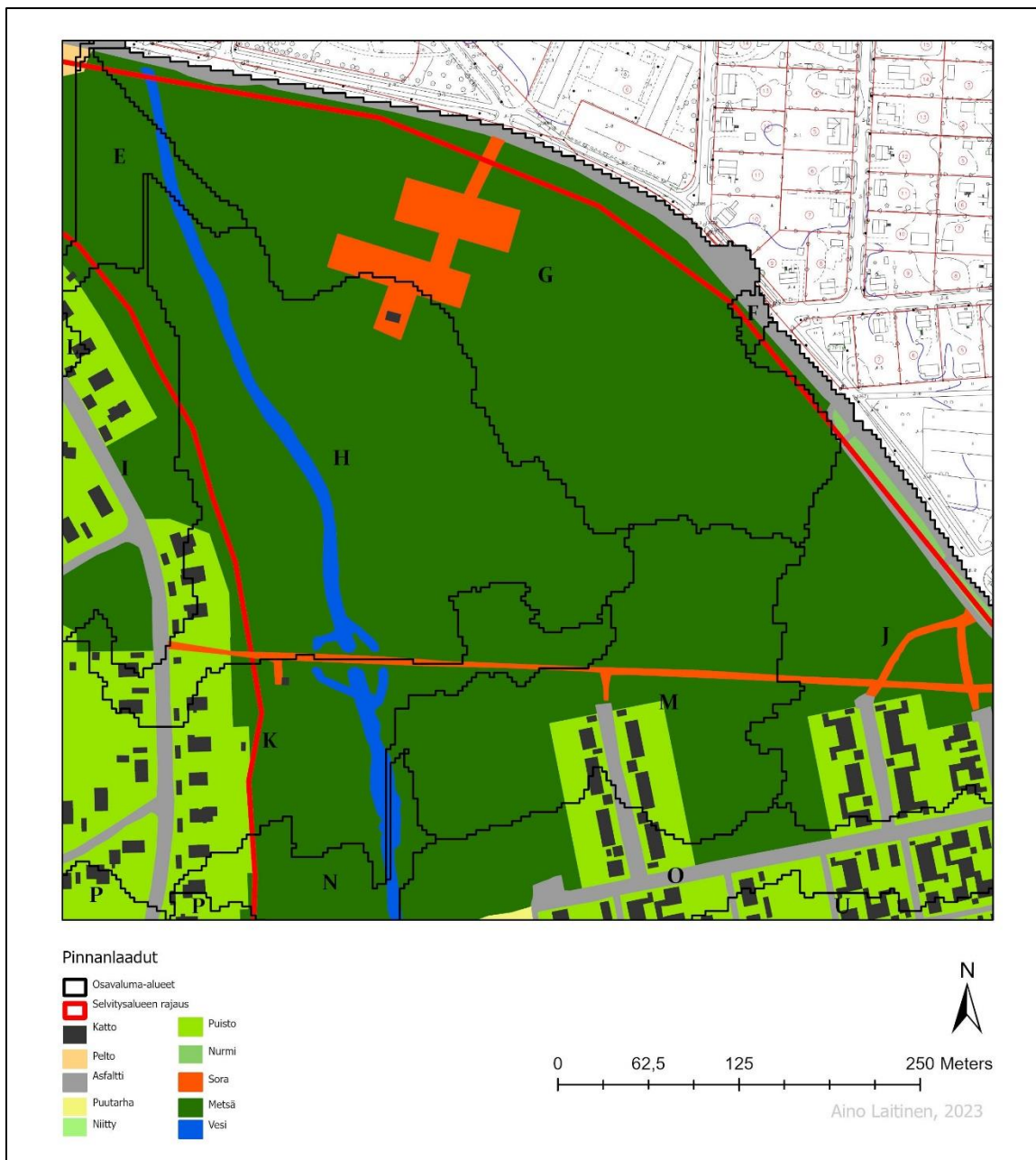


Kartta 4. Selvitysalueen pinnanlaadut nykytilassa.

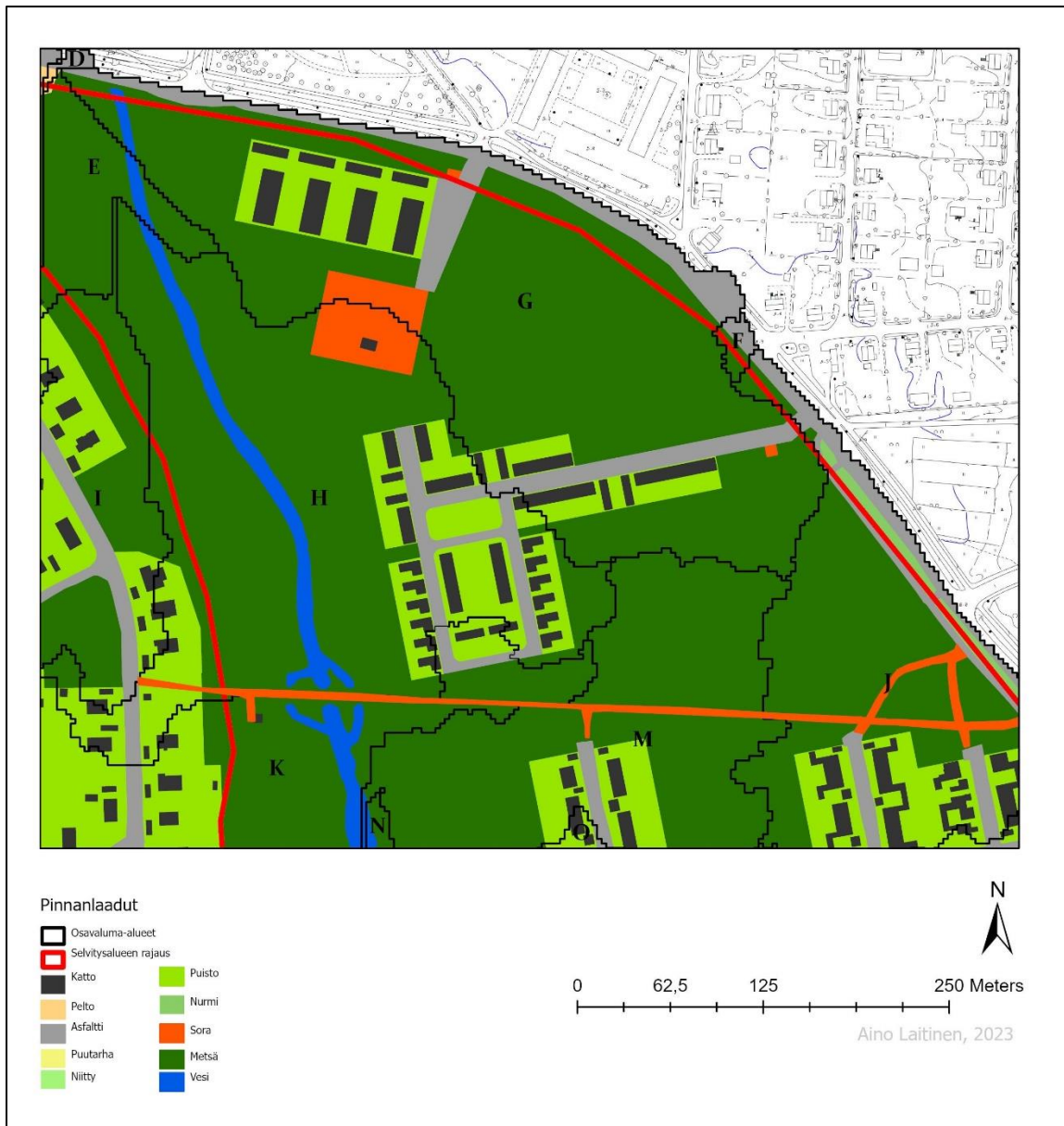


Kartta 5. Selvitysalueen pinnanlaadut suunnitellussa maankäytössä.





Kartta 6. Pinnanlaadut nykytilassa kuvattuna lähempää muutoksia.

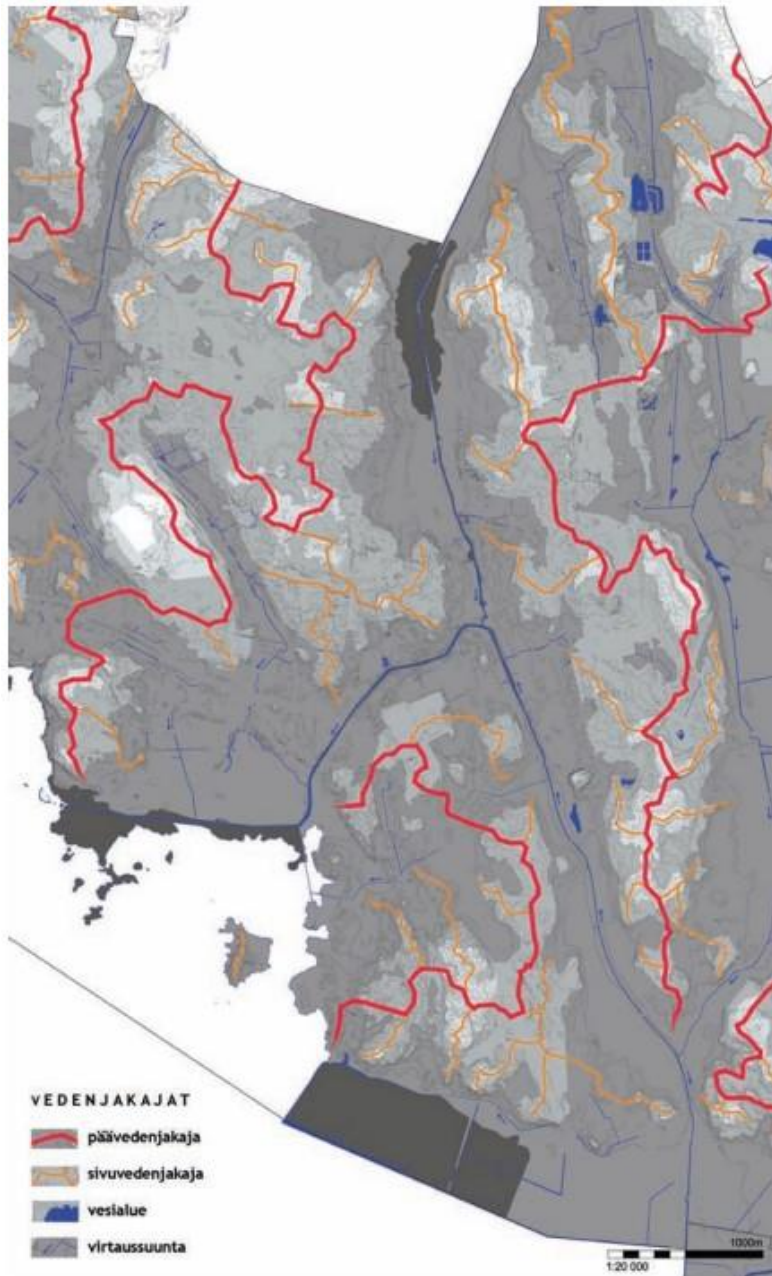


Kartta 7. Pinnanlaadut suunnitellussa maankäytössä kuvattuna lähempää muutoksia.

## 2.3 Selvitysalueen maaperä

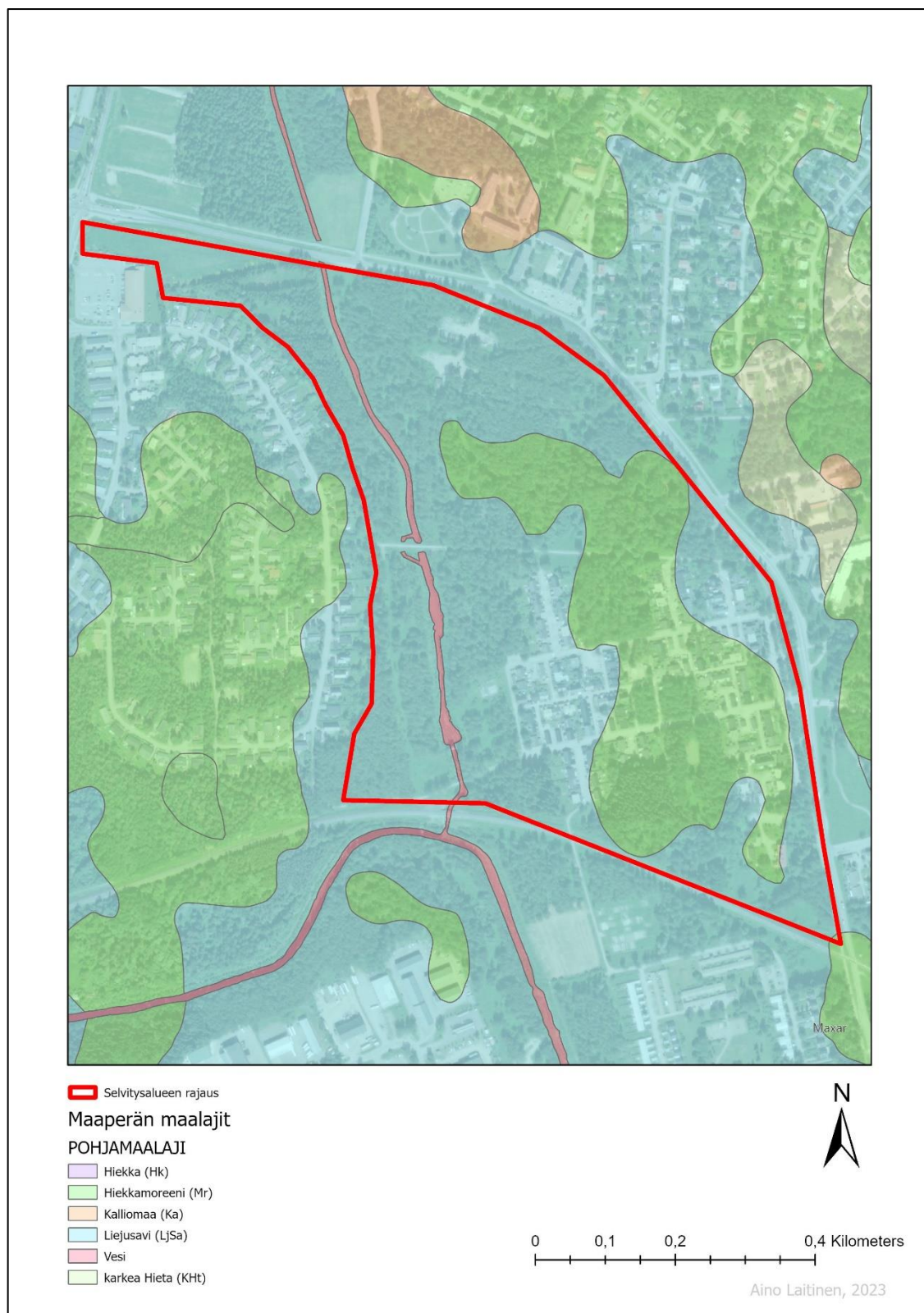
Selvitysalue kuuluu osaksi Pitkänvälän- Vanhan Vaasan kanaalin laaksoa. Selvitysalueen maaperä on pääosin liejusavea ja hiekkamoreenia. Liejusavi on kantavuudeltaan huonoa ja huonosti vettäläpäisevä maalaji. Se on myös routiva maalaji. Liejusavisille alueille on tyypillistä hapan pohjavesi. Hiekkamoreeni on osittain vettäläpäisevää. Selvitysalueen maaperätiedot on esitetty kartalla 8. Korkein kohta alueella sijoittuu asuinalueen itäpuolelle, joka on osa sivuselännettä

(kuva 10). Rakennettu asuinalue on kohtalaisen jyrkkää kohti kanaalia. Matalaselänojan reunapenkereet ovat matalaa aluetta ja kuuluvatkin laakson pohja-alueisiin. Selvitysalueen korkeustiedot ovat esitetty kartalla 9. (Geologian tutkimuslaitos 2005, Jääskeläinen R. 2011)



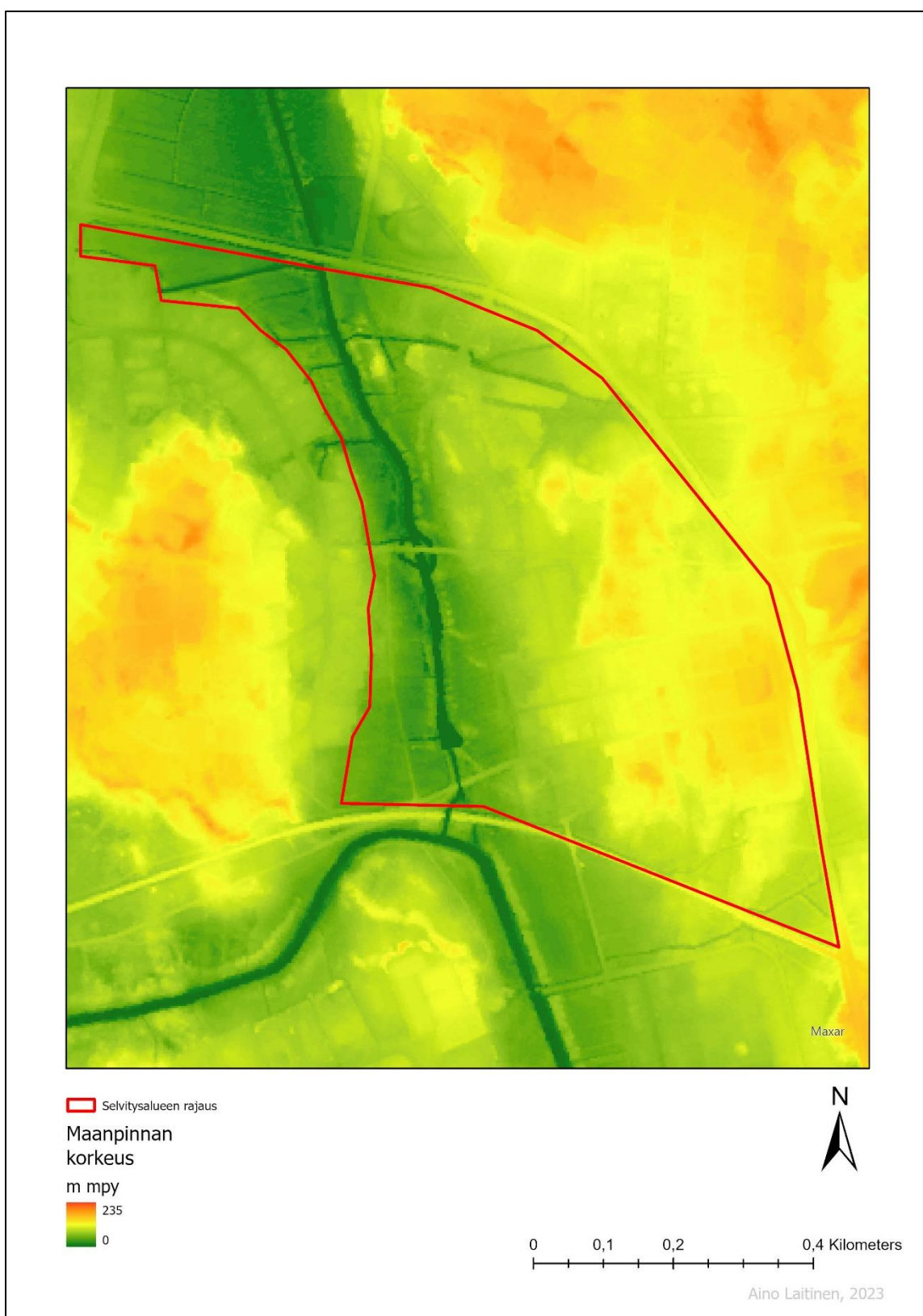
Kuva 8. Vanhan Vaasan laakson vedenjakajat (Aalto A-K.).





Kartta 8. Selvitysalueen pohjamaalajit esitettynä kartalla.





Kartta 9. Selvitysalueen maanpinnan korkeus.

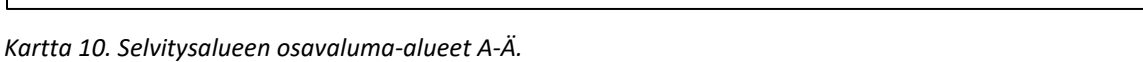
### 3 VALUNTA SELVITYSALUEELLA

Selvitysalueen hulevedet purkautuvat pääosin Matalaselänojaa pitkin Vanhan Vaasan kanaaliin. Matalaselänojaan selvitysalueen hulevedet valuvat avouomia ja sadevesiviemäreitä pitkin. Pintavaluntaa pidättää pohjoispuolella metsäalue ja rakennetulla asuinalueella piha-alueet. Pintavalunnan päävirtaussuunta on selvitysalueen pohjoispuolella luoteeseen ja aluetta halkovassa valtaojassa kohti etelää.

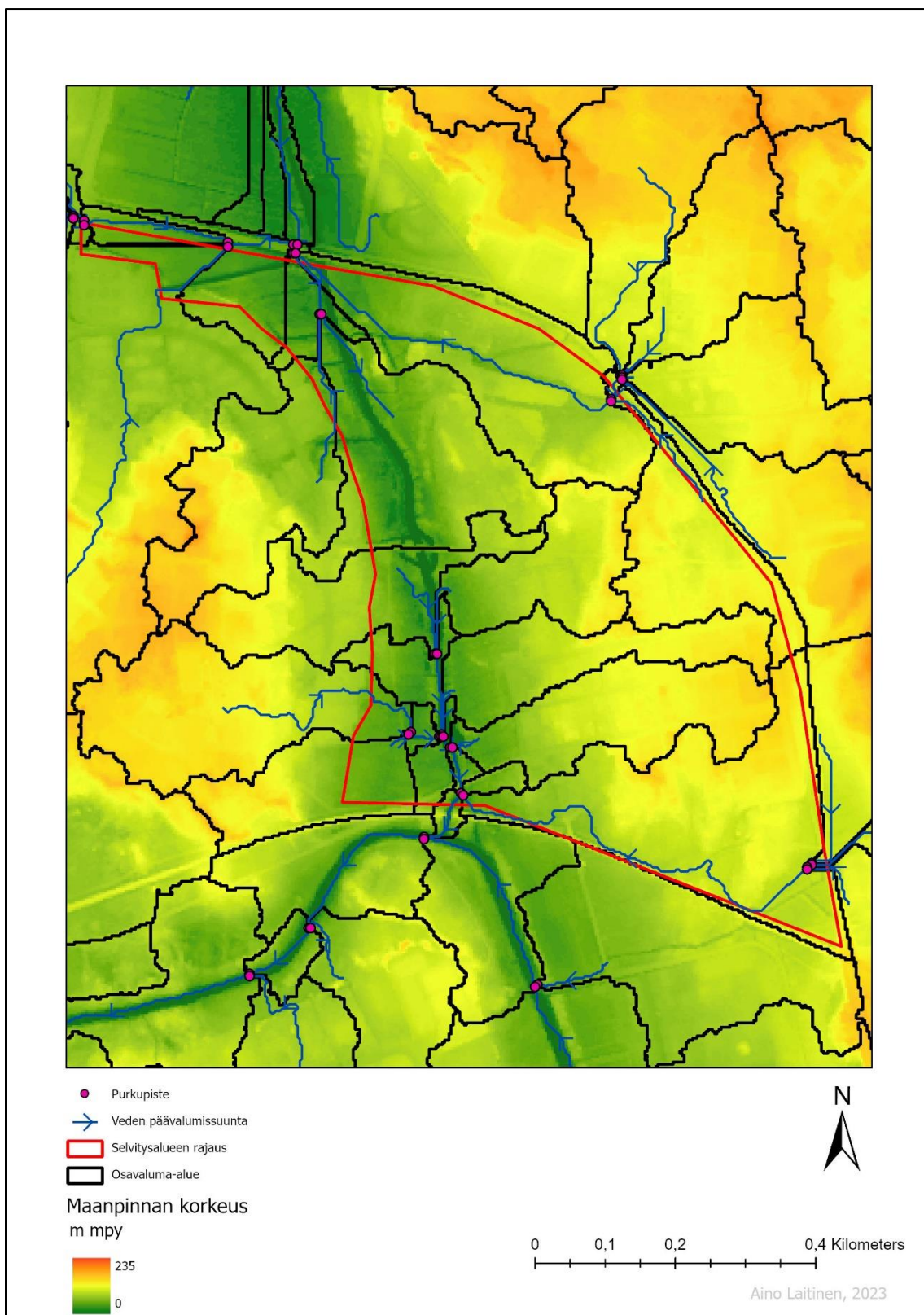
#### 3.1 Valuma-alue

Osavaluma-alueet ja veden valumasuunnat ovat määritetty maanpinnan korkeusdataa hyödyntävällä paikkatietoanalyysillä. Analyysi tehtiin Arc Hydro -nimisellä ArcGIS Pro -ohjelmiston liitännäisellä työkalun käyttöoppaan mukaisesti. Työkalu hyödyntää mallinnuksessa 2 m ruutukoon maanpinnan korkeusdataa. (ESRI 2011)

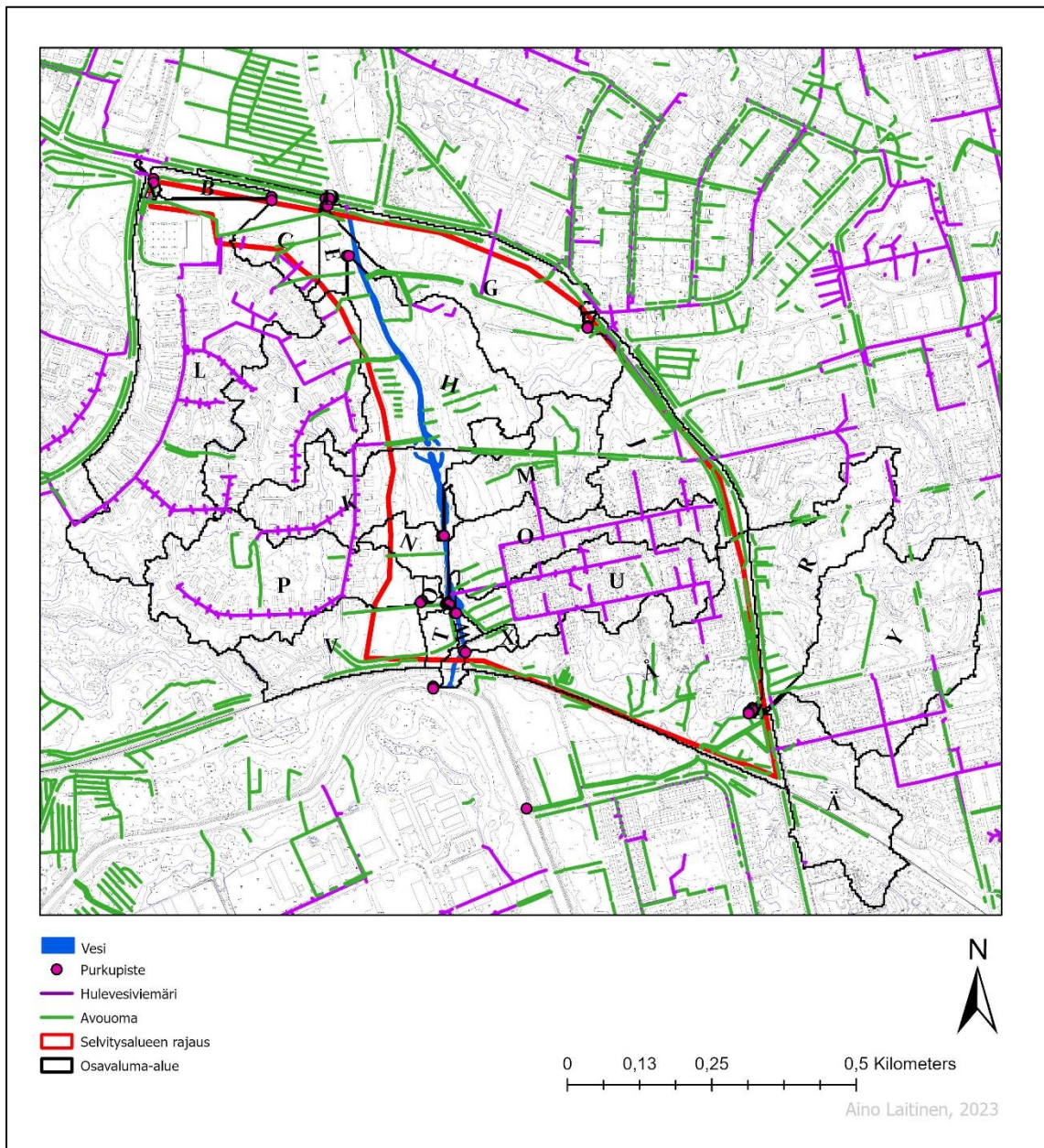
Työkalun avulla saatiin mallinnettua 28 osavaluma-aluetta, jotka ovat osittain selvitysalueella. Keskimääräiset valumakertoimet, vesimäärät ja virtaamat on laskettu osavaluma-alueille, joille kohdistuu asemakaavaluonnoksessa maankäytöllisiä muutoksia. Osavaluma-alueista laskentaan otettiin mukaan 4 osavaluma-aluetta, jotka ovat G, H, J ja K. Kartoilla 10–12 on esitetty selvitysalueen osavaluma-alueet, veden kulkusuunnat ja vesiolosuhteet.







Kartta 11. Selvitysalueen osavaluma-alueet, päävirtaussuunta ja maanpinnankorkeus.



Kartta 12. Selvitysalueen vesiolosuhteet.

### 3.2 Valumakertoimien määrittäminen

Valumakertoimen määrittämiseen on käytetty kuvan 8 taulukkoa. Taulukon arvojen mukaisesti lasketut valumakertoimet määrittyvät tutkittavan alueen pinnanlaadun mukaisesti. Tutkittavalle osavaluma-alueelle määritettiin keskimääräinen valumakerroin alla olevan kaavan mukaisesti. (Kannala 2001). Keskimääräinen valumakerroin kuvaa tutkittavalta osavaluma-alueelta pois



virtaavan vesimäärän ja aluesadannan suhdetta (Suomen kuntaliitto 2012). Laskettuja valumakertoimia käytetään hulevesimäärien ja -virtaamien määrittämisessä.

$$\varphi = \frac{\sum \varphi_n \cdot A_n}{A}$$

$\varphi$  =keskimääräinen valumakerroin

$\varphi_n$  =osa-alueen valumakerroin

$A_n$  = osa-alueen pinta-ala

$A$  =koko alueen pinta-ala

Taulukko 3. Taulukko valumakertoimien arvoista pinnanlaatuojen mukaan. (Katu 2002)

Pinnan laatu	Valumakerroin
Katto	0,90
Betoni ja asfaltti	0,80
Tiivissaumainen kiveys	0,80
Kiveys hiekkasaumoin	0,70
Hyväkuntoinen soratie	0,50
Nurmetettu luiska	0,50
Paljas laakeahko kallio	0,40
Sorakenttä ja -käytävä	0,30
Puistomainen piha	0,20
Puisto, runsaasti kasvillisuutta	0,15
Kallioinen metsä	0,15
Niitty, pelto, puutarha	0,10
Tasainen tiheäkasvuinen metsä	0,05

Seuraavassa taulukossa on esitetty osavaluma-alueiden keskimääräiset valumakertoimet. Laskentaan otettiin mukaan valuma-alueet, joihin kohdistui maankäyttöön liittyviä muutoksia.

Taulukko 4. Osavaluma-alueiden keskimääräiset valumakertoimet.

Osavaluma- alue	Pinta- ala (ha)	Nykyisen maankäytön keskimääräinen valumakerroin	Suunnitellun maankäytön keskimääräinen valumakerroin	muutos
G	7,59	0,11	0,21	94,6 %
H	6,78	0,12	0,21	78,7 %
J	4,89	0,266	0,267	0,5 %
K	5,45	0,24	0,25	5,5 %

### 3.3 Muodostuvan pintavalunnan laskeminen

Alueelle muodostuvan pintavalunnan laskemisessa käytettiin osavaluma-alueelle laskettuja keskimääräisiä valumakertoimia. Keskimääräiset valumakertoimet määräytyivät pinnanlaatujen mukaan.

Valuma-alueen suuruus vaikuttaa mitoitussateen kestoajan valintaan. Yleensä suurin virtaama saavutetaan silloin, kun rankkasateen kesto valitaan valuma-alueen etäisimmästä reunasta sen purkupisteeseen kuluvan virtausajan pituiseksi. Mitoitussateen kesto on suhteessa alueen pinta-alaan, mitä suurempi pinta-ala sen pidempi kestoinen sade. (Hyöty 2007)

Mitoitussateen toistuvuus valitaan käyttökohteeseen soveltuvasti. Niillä alueilla, joilla tulvimisesta aiheutuu merkittäviä haittoja, mitoitussateena käytetään tällöin harvoin toistuvaa sadetta. Vastaavasti niillä alueilla, joilla tulviminen ei aiheuta ongelmia, voi toistumisaika olla lyhyt. Esimerkiksi Tiehallinnon mitoitushjeiden mukaan taajamien pääteiden ympäristössä käytetään mitoitussateen toistumisaikana kymmentä vuotta. Kerran kahdessa tai kolmessa vuodessa toistuvaa sadetta käytetään yleensä katujen sadevesiviemäreiden mitoitukseen. (Hyöty 2007)

Mitoitussateiksi valittiin kerran viidessä vuodessa toistuva 15 minuuttia kestävä sade rankkuudeltaan 146 l/s·ha, kerran kymmenessä vuodessa toistuva 60 min kestävä sade rankkuudeltaan 64 l/s·ha ja kerran kymmenessä vuodessa toistuva 60 minuuttia kestävä sade rankkuudeltaan 77 l/s·ha. Mitoitussateiden intensiteetit ovat korotettu Hulevesioppaan mitoitushjeiden mukaisesti 20 %:lla, joka on ennuste ilmastonmuutoksen aiheuttamalle rankkojen kesäsateiden lisääntymiselle ajanjaksoon 2071–2100 mennessä. (Suomen kuntaliitto 2012)

Hulevesimäärä lasketaan mitoitussateen, valuma-alueen pinta-alan ja valumakerroimen perusteella seuraavalla kaavalla. (Hyöty 2007).

$$V_{mit} = \frac{\varphi * A * i * t}{1000}$$

$V_{mit}$  = mitoitusvesimäärä (m³)

t = sateen kesto (s)

$\varphi$  = valumakerroin

A = valuma-alueen pinta-ala (ha)

i = sateen rankkuus (l/s\*ha)

Hulevesien mitoitusvesimäärät ovat esitelty seuraavissa taulukoissa:

Taulukko 5. Selvitysalueen osavaluma-alueiden (G,H,J,K) mitoitusvesimäärät (m³) nykytilassa.

Osavaluma- alue	Pinta-ala (ha)	Keskimääräinen valumakerroin	Vesimäärä (m³) 15 min, 146 l/s*ha	Vesimäärä (m³) 60 min, 64 l/s*ha	Vesimäärä (m³) 60 min, 77 l/s*ha
G	7,59	0,11	113	198	238
H	6,78	0,12	115	201	242
J	4,89	0,266	171	300	361
K	5,45	0,24	171	300	361

Taulukko 6. Selvitysalueen osavaluma-alueiden (G,H,J,K) mitoitusvesimäärät (m³) suunnitellussa maankäytössä.

Osavaluma- alue	Pinta-ala (ha)	Keskimääräinen valumakerroin	Vesimäärä (m³) 15 min, 146 l/s*ha	Vesimäärä (m³) 60 min, 64 l/s*ha	Vesimäärä (m³) 60 min, 77 l/s*ha
G	7,59	0,21	209	367	441
H	6,78	0,21	190	332	400
J	4,89	0,267	172	302	363
K	5,45	0,25	180	316	380



Hulevesien mitoitusvirtaama lasketaan valumakertoimen, valuma-alueen pinta-alan ja sateen rankkuuden perusteella seuraavalla kaavalla: (Hyöty 2007)

$$Q_{mit} = \varphi * A * i$$

$Q_{mit}$  = mitoitusvirtaama (l/s)

$\varphi$  = valumakerroin

A = valuma-alueen pinta-ala (ha)

i = sateen rankkuus (l/s\*ha)

Taulukko 7. Selvitysalueen osavaluma-alueiden (G,H,J,K) mitoitusvirtaamat (l/s) nykytilassa.

Osavaluma- alue	Pinta-ala (ha)	Keskimääräinen valumakerroin	Virtaama (l/s) 15 min, 146 l/s*ha	Virtaama (l/s) 60 min, 64 l/s*ha	Virtaama (l/s) 60 min, 77 l/s*ha
G	7,59	0,11	119	52	63
H	6,78	0,12	118	52	62
J	4,89	0,266	190	83	100
K	5,45	0,24	188	83	99

Taulukko 8. Selvitysalueen osavaluma-alueiden (G,H,J,K) mitoitusvirtaamat (l/s) suunnitellussa maankäytössä.

Osavaluma- alue	Pinta-ala (ha)	Keskimääräinen valumakerroin	Virtaama (l/s) 15 min, 146 l/s*ha	Virtaama (l/s) 60 min, 64 l/s*ha	Virtaama (l/s) 60 min, 77 l/s*ha
G	7,59	0,21	233	102	123
H	6,78	0,21	211	92	111
J	4,89	0,267	191	84	101
K	5,45	0,25	199	87	105

Laskelmien perusteella suunniteltu maankäyttö tulee lisäämään pintavaluntaa osavaluma-alueella **G** 94,6 %, osavaluma-alueella **H** 78,7 %, osavaluma-alueella **J** 0,5% ja osavaluma-alueella **K** 5,5 %. Prosenttiosuudet on laskettu käyttäen virtaamaa sateen rankkuuden oltaessa 15 min 146 l/s\*ha.

### 3.4 Hulevesien käsittely selvitysalueella

Hulevesiviemärit ja avouomat ohjaavat selvitysalueen hulevedet alueetta halkovaan Matalaselänojaan. Vesiolosuhteet huomioidaan parhaiten, kun suunnittelun lähtökohtana on maasto ja maisemarakenne. Alueen maasto on läpäisevää ja osittain läpäisevää maastoa, mutta pohjamaa on pääosin huonosti vettäläpäisevää liejusavea. Tällöin korostuu hulevesien ehkäiseminen sekä viivytyskeinot. Hulevesien ehkäisyyn sopivia keinoja on läpäisemättömien pintojen eli asfatin minimointi, puoliläpäisevien ja läpäisevien pintojen käyttö esimerkiksi kiveyksien ja soran käyttö sekä viherkatot. Hulevesien viivytys- ja käsittelykeinoina voidaan käyttää avouomia ja ojia, rakennettavia kosteikkoja, altaita, lammikoita ja painanteita sekä muita vastaavia keinoja. Viherpainanteiden ja erilaisten kourujen avulla pintavaluntaa voidaan ohjata istutuksille, lammikoille, altaille ja kosteikoille. Kosteikot, altaat, lammikot ja vastaavien on suositeltavaa sisältää vesiä puhdistavaa ja kiintoainesta pidättävää kasvillisuutta. Kasvillisuuden käyttö hulevesien hallintaan käytettävissä viheralueissa lisää alueen viihtyvyttä ja luonnon monimuotoisuutta. Lisäksi tarvittaessa voidaan käyttää erilaisia vettä varastoivia salaojakaivoja ja hulevesisäiliöratkaisuja. Selvitysaluetta halkova kevyen liikenteen väylä Melaniemen pientaloalueelta Kauppiaankadulle tulee ottaa suunnittelussa huomioon. Kevyen liikenteen väylän siltarakenne Matalaselänojan kohdalla vaikuttaa valtaosan rajoittaen veden virtaamaa ja vesimäärää. Tämä voi aiheuttaa veden pakkautumisen ja täten aiheuttaa veden pinnan nousua rankkasateella. (Suomen kuntaliitto 2012, Ilmastokestävä kaupunki, Jääskeläinen R. 2011)

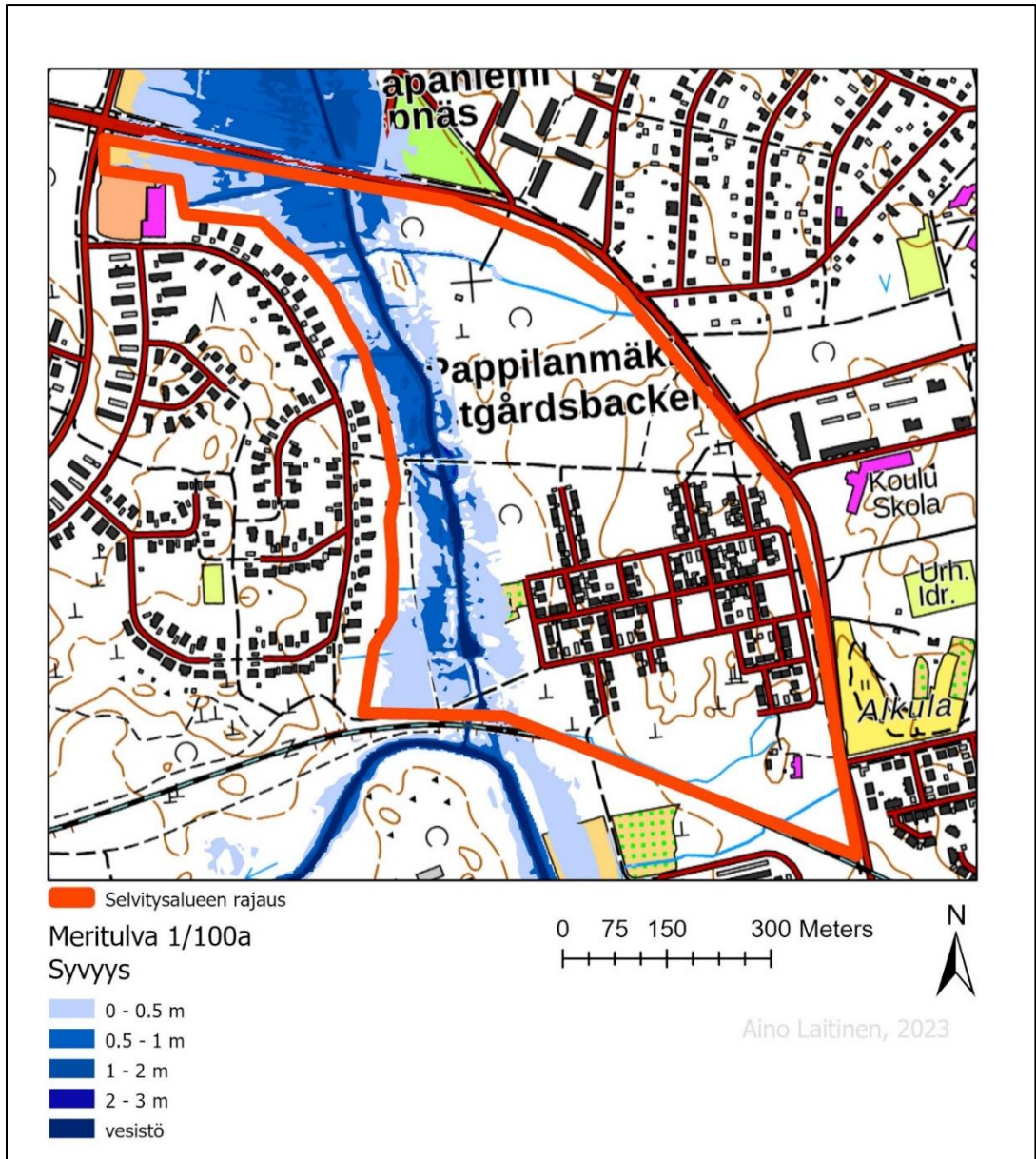
Tarkempi suunnittelu, mitoitus ja tarkka sijoittuminen on yleensä tarkoituksenmukaista jättää myöhempiin suunnitteluvaiheisiin. Asemakaavavaiheessa voidaan esittää käsittelyvaihtoehtoja yleisperiaatteita ja suosituksia. Toteutustapa voidaan jättää rakennuttajien ratkaistavaksi. Rakennusvalvonnan rooli on valvoa rakentamisen suunnittelun ja toteutumisen tapahtuvan voimassa olevien kaavojen ja rakentamisen säännösten mukaisesti. Hulevesien sallituista hallintaperiaatteista on hyvä olla kunnan rakennusjärjestyksessä. (Suomen kuntaliitto 2012)

Asemakaava-alueella tulee MRL 103 c § mukaan ensisijaisesti imeyttää ja viivyttää hulevesiä niiden syntypaikalla, ehkäistä hulevesistä aiheutuvia haittoja ympäristölle ja kiinteistölle sekä

edistää luopumista hulevesien johtamisesta jätevesiviemäriin. Asemakaavan toteutettavassa teknisen suunnittelun vaiheessa voidaan ratkaista viivytyksratkaisut ja niiden mitoitus sekä sijainti.

### **3.5 Tulviminen selvitysalueella**

Vaasassa on tehty kahdesti alustavia hulevesitulvariski arviointeja. Ensimmäinen on tehty vuonna 2011 ja toisen kerran vuonna 2018. Arviointityössä todettiin, ettei Vaasassa ole tulvalain mukaisia merkittäviä hulevesitulvariskialueita Suomen ympäristökeskus (Syke) ohjaa hulevesitulvariskien arviointia kunnissa. Harvinainen kerran 100 vuodessa toistuvan meritulvan vaikutus selvitysalueella on kuvattu kartalla 13. Data on saatu SYKE lastauspalvelu Lapiosta. Meritulvan vaikutusalue on Matalaselänojan pengeralueilla. Vaikutus on voimakkaampaa länsipuolella kohti Melaniemeä ja pohjoisosassa selvitysalueen ulkopuolella.



hulevesien hallintaratkaisuja ja esiteltiin muutamia happamien vesien neutralointiratkaisuja. Näillä voidaan ehkäistä ympäristö- ja tulvahaittoja.

Mitoitussateena laskennassa käytettiin kerran viidessä vuodessa toistuvaa 15 minuuttia kestävää sadetta rankkuudeltaan 146 l/s\*ha, kerran kymmenessä vuodessa toistuvaa 60 minuuttia kestävää sadetta rankkuudeltaan 64 l/s\*ha ja kerran kymmenessä vuodessa toistuvaa 60 minuuttia kestävää sadetta rankkuudeltaan 77 l/s\*ha.

Suunniteltu maankäyttö lisäsi osavaluma-alueilla G ja H asfalttia 166 %, kattopinta-alaa 917 % ja puistomaista pihaa 279 %. Muutos maankäytössä vähensi soraa 26 % ja metsää 28 %. Osavaluma-alueilla J ja K muutos oli pienempää. Suunnitellussa maankäytössä lisääntyi kattopinta-ala 3 %, asfalttia 7 % ja puistomainen piha 3 %. J ja K osavaluma-alueilla vähentyi ainoastaan metsä 4 %. Suunniteltu maankäytön muutos lisää valuntaa osavaluma-alueella G 94,6 %, osavaluma-alueella H 78,7 %, osavaluma-alueella J 0,5 % ja osavaluma-alueella K 5,5 %.

Selvityksessä käydään läpi mahdollisia hulevesien hallintakeinoja kappaleessa 3.4. Näitä ovat muun muassa avouomat, ojat, lammikot ja kosteikot sekä vastaavat. näiden lisäksi myös mahdollisia hallintakeinoja voivat olla vettä varastoivat ratkaisut, kuten hulevesisäiliöt ja kaivot. Aluetta halkoo kevyen liikenteen väylä Melaniemen pientaloalueelta jalankuluntie Kauppiaankadulle, joka osittain patoaa valtaojana olevan Matalaselänojan, joka tulee myöhemmässä suunnitellussa ottaa huomioon.

## LÄHTEET

Aalto, A-K. 2007. Vaasan laaksojen maisemaselvitykset ja ulkoilualuesuunnitelmat. Diplomityö. TKK. Arkkitehtiosasto. Maisema-arkkitehtuurin koulutusohjelma.

ESRI 2011. Arc Hydro -liitännäisen käyttöopas. Saatavilla [www-muodossa: http://downloads.esri.com/archydro](http://downloads.esri.com/archydro)

Hyöty, P. 2007. Hulevesien luonnonmukaisen hallinnan menetelmät. Suunnittelukeskus Oy (skoy) 2007. Suunnitteluohje. Kuopion kaupunki 2007.

Kannala, M. 2001. Vaasan kaupungin hulevesikuormituksen vähentäminen. Länsi-Suomen ympäristökeskus. Vaasa 2001.

Katu 2002, Katusuunnittelun- ja rakentamisen ohjeet. Suomen kuntatekniikan yhdistys. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä 2003.

Maanmittauslaitos 2016. Korkeusmalli 2 m. Avoimien aineistojen tiedostopalvelu.

Maanmittauslaitos. Maastotietokanta. Avoimien aineistojen tiedostopalvelu.

Pihlajamaa, K. A., 2010, Selvitys hulevesien luonnonmukaisesta käsittelystä Suomessa. Esimerkki-kohteena Gerbyn asuinalue. Vaasan ammattikorkeakoulu. Tekniikka ja liikenne 2010.

Saatavilla [www-muodossa: https://publications.theseus.fi/handle/10024/14827](https://publications.theseus.fi/handle/10024/14827)

Suomen geologian tutkimuskeskus. 2015. Maaperä 1/20 000.

Suomen kuntaliitto 2012. Hulevesiopas. Helsinki 2012.

Suomen ympäristökeskus 2022. Tulvakarttapalvelu. <https://paikkatieto.ymparisto.fi/tulvakartat>

Suomen ympäristökeskus. Latio latauspalvelu. <http://paikkatieto.ymparisto.fi/latio/latauspalvelu.html>

Vaasan kaupunki 2019. Vaasan kaupungin hulevesiohjelma.

Ympäristöministeriö 2022. Happamien sulfaattimaiden kansallinen opas rakennushankkeisiin, opas happamien sulfaattimaiden huomioimiseen ja vaikutusten hallintaan. Ympäristöministeriön julkaisuja 2022:3. Helsinki.