



**LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU**  
*Lahti University of Applied Sciences*

# HULEVESISUUNNITELMA POHJAVESIALUEELLA SIJAITSEVALLE TEOLLISUUSTONTILLE

Rakennusbetoni- ja Elementti Oy, Hollola

LAHDEN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Ympäristötekniikka  
Ympäristötekniikka  
Opinnäytetyö  
Syksy 2013  
Jarmo Pitkäniemi  
Mika Sirviö



Lahden ammattikorkeakoulu  
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

PITKÄNIEMI, JARMO;  
SIRVIÖ, MIKA:

Hulevesisuunnitelma pohjavesialueella  
sijaitsevalle teollisuustontille  
Rakennusbetoni- ja Elementti Oy,  
Hollola

Ympäristötekniikan opinnäytetyö

87 sivua, 10 liitesivua

Syksy 2013

TIIVISTELMÄ

---

Tässä opinnäytetyössä laaditaan hulevesisuunnitelma Rakennusbetoni- ja Elementti Oy:lle, joka on hollolalainen betonituotteita valmistava yritys. Yrityksen tontti sijaitsee valtakunnallisesti huomattavalla Kukonkoivu-Hatsinan pohjavesialueella, minkä vuoksi hulevesien asianmukainen käsittely on kohteessa erityisen tärkeää. Suunnittelutyö liittyy lähivuosina tapahtuvaan yrityksen ympäristöluvan uusimiseen.

Opinnäytetyössä varsinaisia hulevesisuunnitelmia esitetään kaksi kappaletta. Näistä ensimmäinen on mittava, pitkälti pihojen pinnoittamiseen perustuva ratkaisu, jossa huleveden laatua pystytään valvomaan tarkasti, vaikka se vaatii toimintojen merkittävää uudelleenjärjestelyä tontilla. Toinen laadittu suunnitelma on toteutukseltaan selvästi kevyempi ja sallii suurelta osin huleveden imeytymisen suoraan maaperään. Molempiin suunnitelmiin sisältyy muun muassa hulevesialtaan rakentaminen.

Opinnäytetyö alkaa teoriaosion, jossa esitellään erilaisia huleveden käsittelytekniikoita yleisellä tasolla. Lisäksi hulevesiasioiden näkökulmasta luodaan katsaus taajama- ja pohjavesialueille ominaisiin piirteisiin, lainsäädäntöön ja sademäärätilastoihin. Ennen suunnitelmia työssä esitetään myös yhteenveto tehdyistä haastatteluista, joissa keskusteltiin aiheesta viranomaisten ja yrityksen työntekijöiden kanssa.

Kahden hulevesisuunnitelman laatiminen osoitti, että ekologisten ja taloudellisten vaatimusten yhteensovittaminen on eräs tärkeimmistä tavoitteista hulevesien hallintaa pohdittaessa. Kaikkea hulevettä ei tarvitse pohjavesialueellakaan kerätä käsiteltäväksi, vaan toimivin ratkaisu löytyy keskustelemalla asiasta vastaavien lupaviranomaisten kanssa.

Asiasanat: hulevesi, hulevesisuunnitelma, betoniteollisuus, pohjavesi, ympäristölupa

Lahti University of Applied Sciences  
Degree Programme in Environmental Technology

PITKÄNIEMI, JARMO;  
SIRVIÖ, MIKA:

Stormwater Management Plan for an  
Industrial Site Located in a Groundwater  
Area  
Case: Rakennusbetoni- ja Elementti Oy,  
Hollola

Bachelor's Thesis  
in Environmental Engineering

87 pages, 10 pages of appendices

Autumn 2013

ABSTRACT

---

The goal of this Bachelor's thesis was to create a stormwater management plan for Rakennusbetoni- ja Elementti Oy, a company manufacturing concrete products in Hollola, Finland. Since the company lot is situated in a nationally significant groundwater area of Kukonkoivu-Hatsina, appropriate management of stormwater is particularly important. This plan is related to the upcoming renewal of the environmental permit of the company.

Two stormwater management plans are presented in the thesis. The first one is a large-scale solution mainly based on paving the lot. This enables supervising the quality of the stormwater but requires significant re-arranging of the functions on the lot. The second plan is significantly lighter and permits much of the stormwater to infiltrate directly into the ground. Both plans include building a stormwater pool, among other things.

The thesis begins with a theoretical section in which several stormwater management techniques are presented on a general level based on different sources. Additionally, legislation issues and precipitation statistics, as well as the characteristics of population centers and groundwater areas, are examined insofar as they relate to the management of stormwater. Before the actual plans there is also a summary of the interviews that were conducted with authorities and employees of the company.

Creating the two plans showed that combining the ecological and economical demands is one of the key goals of stormwater management planning. All of the stormwater needs not to be collected for treatment even in groundwater areas. Instead, the most sensible solution can be found through interaction with the authorities.

Key words: stormwater, concrete industry, groundwater, environmental permit

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	YLEISTÄ HULEVESISTÄ	3
2.1	Hulevesien määritelmä	3
2.2	Hulevesijärjestelmien mitoituksesta	3
3	HULEVESIEN HALLINTAMENETELMÄT	7
3.1	Hallintamenetelmistä yleensä	7
3.2	Hulevesien määrän vähentäminen	8
3.2.1	Läpäisevät päällysteet	8
3.2.2	Viherkatot	12
3.2.3	Imeytysmenetelmät	15
3.3	Hulevesien viivytyksen menetelmät	19
3.3.1	Hulevesialtaat	19
3.3.2	Kosteikot	21
3.4	Hulevesien pintajohtamisen menetelmät	23
3.4.1	Hulevesikourut	24
3.4.2	Avo-ojat	25
4	HULEVESIEN KÄSITTELYN ERITYISPIIRTEITÄ	27
4.1	Hulevesien käsittely taajama-alueilla	27
4.2	Hulevesien käsittely pohjavesialueilla	28
5	HULEVESIIN LIITTYVÄÄ LAINSÄÄDÄNTÖÄ	31
5.1	Hulevedet Suomen lainsäädännössä	31
5.2	Lainsäädännön asettamia vastuita	33
6	TUTKIMUSKOHDE	37
6.1	Rakennusbetoni- ja Elementti Oy:n esittely	37
6.2	Kohdetontin erityispiirteet	39
6.3	Riskikartoitus kiinteistön nykytilanteessa	44
6.4	Betoniteollisuuden vaikutus huleveden laatuun	46
6.5	Taustatietoa kohdealueen sadannasta	49
7	HAASTATTELUIJEN TULOKSET	54
7.1	Haastatteluiden tarkoitus	54
7.2	Hämeen ELY-keskus ja Lahden seudun ympäristöpalvelut	54
7.3	Rakennusbetoni- ja Elementti Oy:n koneiden kuljettajat	56

8	HULEVESISUUNNITELMA: VAIHTOEHTO A	57
8.1	Johdanto suunnitelmaan	57
8.2	Lastausalue	58
8.3	Välipiha	60
8.4	Uusi pohjoinen parkkipaikka	64
8.5	Kattovedet	65
8.6	Tontin etelälaita	67
8.6.1	Hulevesiallas	67
8.6.2	Huoltotie eteläisen hallin seinän vierustalla	68
8.7	Lumien aeraus tontilla	70
8.8	Suunnitelman mitoituksesta	71
8.9	Yhteenveto: Vaihtoehto A	73
9	HULEVESISUUNNITELMA: VAIHTOEHTO B	75
9.1	Johdanto suunnitelmaan	75
9.2	Lastausalue	75
9.3	Välipiha	76
9.4	Kattovedet	78
9.5	Tontin etelälaita	79
9.6	Aeraus	82
9.7	Yhteenveto: Vaihtoehto B	82
10	YHTEENVETO	84
10.1	Työn keskeinen sisältö	84
10.2	Johtopäätökset ja jatkotutkimusehdotukset	85
10.3	Työn onnistumisen arviointi	86
	LÄHTEET	88
	LIITTEET	97

# 1 JOHDANTO

Hulevedellä tarkoitetaan sellaista vettä, joka liikkuu pitkin päällystettyjä pintoja ja rakennusten kattoja sateen ja lumen sulamisen yhteydessä. Rakennetussa ympäristössä hulevesien käsittelyn suunnittelulla on suuri merkitys etenkin uusilla seuduilla, mutta myös jo vanhoilla, täyteen rakennetuilla alueilla. Vanhastaan on ollut tapana johtaa hulevedet viemäriputkissa lähellä oleviin vesistöihin, mutta arvelaan, että tulevaisuudessa hulevesien kiinteistökohtainen käsittely tulee lisääntymään. Tähän aiheeseen liittyy osaltaan myös tämä opinnäytetyö.

Tämä opinnäytetyö on luonteeltaan suunnittelutehtävä, jossa laaditaan kiinteistökohtainen hulevesisuunnitelma hollolalaisen Rakennusbetoni- ja Elementti Oy:n tontille, joka sijaitsee suurella ja merkittävällä Kukonkoivu-Hatsinan pohjavesialueella. Työssä on esitetty kaksi vaihtoehtoista hulevesisuunnitelmaa, minkä lisäksi käydään läpi kirjallisuustietoa käsittelytekniikoista ja lainsäädännöstä, haastatellaan asiasta vastaavia viranomaisia sekä tarkastellaan kohdetontin ja pohjavesialueiden asettamia erityisvaatimuksia.

Työ on jatkoa syksyllä 2012 tehdyille alustaville hulevesisuunnitelmille, jotka toteutettiin opiskelijaryhmitöinä Ympäristötekniikan projektit 1 ja 2 -opintojaksojen yhteydessä. Alustavissa suunnitelmissa painotettiin joko teknistä tai ekologista näkökohtaa, kun taas tässä opinnäytetyössä pyritään yhdistämään molemmat ajatusmallit tavalla, joka täyttää sekä yrityksen että viranomaisten vaatimukset. Jossain määrin painotus on kuitenkin ekologisesti-sosiaalinen, sillä esitetyt suunnitelmat pohjautuvat imeytysratkaisuihin pelkän edullisen poisjohtamisen sijaan.

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Rakennusbetoni- ja Elementti Oy, mutta työ, etenkin haastattelut, on tehty ulkopuolisen tarkkailijan ominaisuudessa. Näin on voitu yhdistää sekä taloudelliset vaatimukset että monimutkaisemmat, hintavammat käsittelytekniikat, joilla huleveden puhtaus voidaan erityisesti varmistaa. Opinnäytetyö on tehty EcoMill-ympäristötehokkuuspajan alaisuudessa.

EcoMill-ympäristötehokkuuspaja on ESR-rahoitteinen projekti, jossa tehdään yritysten ja organisaatioiden ympäristötehokkuutta parantavia suunnitelmia ja selvityksiä opiskelijatyönä opettajien ja muiden asiantuntijoiden ohjauksessa. EcoMill-

ympäristötehokkuuspajaa toteuttavat Lahden ammattikorkeakoulun tekniikan ala ja Aalto-yliopiston Insinöörیتieteiden korkeakoulun Lahden keskus. Lisätietoja EcoMill-projektista löytyy osoitteesta [www.lamk.fi/ecomill](http://www.lamk.fi/ecomill)



## 2 YLEISTÄ HULEVESISTÄ

### 2.1 Hulevesien määritelmä

Verrattuna luonnontilaisiin alueisiin kaupunkimaiset rakennetut ympäristöt luovat monia haasteita yhteiskunnan vesihuollolle. Käsitteellä *hulevesi* tarkoitetaan pääasiassa päällystetyiltä pinnoilta ja rakennusten katoilta poisjohdettavia sade- ja sulamisvesiä, mutta se sisältää myös esimerkiksi niin sanotut salaojavedet, jotka ovat rakennusten perustusten kuivatusvesiä. Hulevedet liittyvät siis nimenomaan ihmisen toimintaan rakennetussa ympäristössä, mutta niitä ei kuitenkaan lueta mukaan jätevesiin. (Turun kaupunki 2013.) Ympäristöministeriön (2007, 27) julkaisema valtakunnallinen rakennusmääräyskokoelma kieltääkin suoraan jätevesien johtamisen sadevesijärjestelmään.

Myös Yhdysvaltain ympäristönsuojeluvirasto EPA määrittelee huleveden sellaiseksi sateesta tai lumien sulamisesta peräisin olevaksi vedeksi, joka ei välittömästi imeydy maaperään vaan lähtee valumaan sitä pitkin. Tyypillisesti hulevesi päätyy lopulta vesistöihin ja saattaa huuhtoa niihin haitta-aineita kulkemansa matkan varrelta joko suoraan tai epäsuorasti. Siksi yhdysvaltalaisilta eri alojen teollisuusyrityksiltä vaaditaan lakisääteinen ympäristölupa, jonka avulla hulevesien haitta-aineita pyritään vähentämään. (EPA 2009a, 1, 3.)

Eskolan ja Tahvosen (2010, 7) kirjoittamassa hulevesien hallinnan opaskirjassa puolestaan esitetään hulevedelle määritelmä, jonka mukaan ”se on maanpinnalla liikkuva sade ja lumen sulamisvesi. Se syntyy lumen sulamisesta, lumisateesta, vesisateista sekä kaupungeissa, maatalousalueilla ja myös metsätalousalueilla.”

### 2.2 Hulevesijärjestelmien mitoituksesta

Suomen Kuntaliiton Hulevesioppaan mukaan hulevesijärjestelmä on ”hulevesien hallintaan tarkoitettujen rakenteiden kokonaisuus” (Suomen Kuntaliitto 2012, 10). Järjestelmien tekniikoita voidaan jaotella eri tavoin. Esimerkiksi Ontarion ympäristöministeriö jaottelee käyttämänsä järjestelmät niin sanottuihin lähdekontrollitekniikoihin (mm. viherkatot, läpäisevät päällysteet, sadevesipuutarhat) ja tavan-

omaisiin poisjohtamis- ja jälkikäsitteilytekniikoihin, joita ovat mm. hulevesiviemärit sekä lammikot ja kosteikot. (Ontario Ministry of Environment 2010.)

Hulevesijärjestelmiä mitoitettaessa käytetään laskuissa sellaisia sade- ja sulamistapahtumia, joiden toistuvuuden todennäköisyydet on ennalta tutkittu ja kirjattu muistiin. Johtamistekniikoiden mitoitus perustuu hetkelliseen *virtaamaan*, joka riippuu sadetapahtuman voimakkuudesta. Vettä varastoivissa ja käsittelevissä järjestelmissä ratkaiseva tekijä on puolestaan syntyvän huleveden *tilavuus*, joka riippuu sademäärästä. Suunnittelutyössä on huomioitava sekä sateen rankkuus että vesimäärä, mikäli laitteistossa on sekä johtavia että varastoivia osia. (Suomen Kuntaliitto 2012, 101.)

Suomen Kuntaliiton Hulevesioppaassa (2012, 101–102) esitetään laskukaavoja mitoitusten tekemistä varten. Laskukaavat esittävät tilanteen yksinkertaistettuna, sillä käytännössä huomioitavia muuttujia on paljon enemmän. Oppaan mukaan mitoitusvirtaama  $Q$  (yksikkönä l/s) voidaan laskea kaavalla

$$Q = C \cdot i \cdot A \quad (\text{Kaava 1})$$

jossa  $C$  = valumakerroin  
 $i$  = mitoitussateen keskimääräinen intensiteetti [l/s/ha]  
 $A$  = valuma-alueen pinta-ala [ha]

Samasta lähteestä on otettu myös kaava huleveden tilavuudelle  $V$  (yksikkönä m<sup>3</sup>):

$$V = C \cdot i \cdot A \cdot t / 1000 \quad (\text{Kaava 2})$$

jossa  $C$  = valumakerroin  
 $i$  = mitoitussateen keskimääräinen intensiteetti [l/(s·ha)]  
 $A$  = valuma-alueen pinta-ala [ha]  
 $t$  = mitoitussateen kestoaika [s]

*Valumakerroin* on yksikötön luku, joka kertoo, kuinka suuri osa pinnalle tulevasta vedestä lähtee valumaan pintaa pitkin hulevetenä. Kerroin riippuu pinnan laadusta ja vedenläpäisevyydestä. (Taipale 2012, 1.) Kaupallisessa ja teollisessa käytössä olevilla alueilla valumakerroin voi olla pinnan kaltevuudesta ja maatyypistä riip-

puen pienimmillään 0,50 ja suurimmillaan 0,95 (Poullain 2012, 9). Käytännössä kertoimet vaihtelevat samankin alueen sisällä jopa parikymmenkertaisesti (Kotola & Nurminen 2005, 13). Sorapinnan valumakerroin on 0,30 (Taipale 2011, 5).

Valumakertoimeen sisältyvät kaikki muodostuvan huleveden määrään vaikuttavat tekijät, kuten pidättyminen, suotautuminen, haihtuminen ja pohjaveden virtaaminen. Kertoimen suuruutta määritettäessä huomioidaan mm. maanpinnan tyyppi, käyttö, läpäisevyys, kaltevuus ja karkeus sekä odotetun sateen kesto, rankkuus ja toistuvuus. Vaikka kerroin oletetaan vakioksi, todellisuudessa se kasvaa sateen jatkuessa. Myös harvemmin kuin kerran kymmenessä vuodessa toistuvien sateiden yhteydessä tulee käyttää tavallista suurempaa kerrointa. (Poullain 2012, 7–8.)

*Mitoitussade* tarkoittaa suurinta vesimäärää, jonka välittömäksi poisjohtamiseksi viemäri on mitoitettu. Kustannussyistä viemäreitä ei yleensä suunnitella kykeneviksi vastaanottamaan kaikkein intensiivisimpiä sateita, vaan rankkasateiden anetaan aiheuttaa väliaikaista tulvintaa ja lammikoitumista, mikäli tästä seuraavia haittoja ei arvioida liian suuriksi. Keskeisimmät mitoitussateen ominaisuudet ovat rankkuus (intensiteetti), kesto-aika ja toistuvuus. (Suomen ympäristökeskus 2008, 11.)

Tässä opinnäytetyössä mitoitussateen kestonä on käytetty 10 minuuttia ja intensiteettinä 150 l/s/ha. Suomen ympäristökeskuksen (2008, 12) RATU-raportin mukaan tällainen sade toistuu arviolta kerran kolmessa vuodessa. Ilmastonmuutoksen myötä arvellaan kuitenkin, että sekä sateiden rankkuus että toistuvuus tulevat kasvamaan tulevaisuudessa.

Sademäärä ilmaistaan usein millimetreinä. Yhden millimetrin sade tarkoittaa, että yhden neliömetrin alalle sataa yksi litra vettä. Ilmatieteen laitoksen määritelmän mukaan poudasta puhutaan silloin, kun sademäärä on alle 0,3 mm vuorokaudessa. Vähäinen sade kuuluu 0,3 ja 0,9 mm:n ja tavanomainen sade 1,0 ja 4,4 mm:n välille, kun taas runsaassa sateessa vettä tulee yli 4,5 mm vuorokaudessa. (Ilmatieteen laitos 2013b.)

Rankaksi luokitellun sateen vesimäärä riippuu sateen kestosta. Esimerkiksi viisi-minuuttinen rankkasade tuottaa vettä vähintään 2,5 mm, tunnin mittainen taas 7,0 tai enemmän. Vuorokauden aikana vettä pitäisi sataa vähintään 20 mm, jotta sa-

detta voidaan kutsua rankaksi. Kesäisin kuurosateet kestävät tyypillisesti 20–30 minuuttia, kun taas talvisateet saattavat kestää useita tunteja. (Ilmatieteen laitos 2013b.)

### 3 HULEVESIEN HALLINTAMENETELMÄT

#### 3.1 Hallintamenetelmistä yleensä

Hulevesien hallinnassa vallitseva trendi suosii nykyisin imeyttäviä, viivyttyviä ja puhdistavia menetelmiä vanhan mallisten hulevesiviemäreiden sijaan (Komulainen 2012, 8). Hulevesisuunnitelmien vakiintunut prioriteettijärjestys onkin Suomen Kuntaliiton julkaiseman Hulevesioppaan (2012, 20) mukaan seuraavanlainen:

1. Hulevesien muodostumisen estäminen
2. Hulevesien määrän vähentäminen
3. Johtaminen suodattavalla tai hidastavalla menetelmällä
4. Johtaminen yleisillä alueilla oleville hidastus- ja viivytysalueille
5. Johtaminen purkuvesiin tai pois alueelta.

Kaksi ensimmäistä kohtaa voidaan toteuttaa esimerkiksi suosimalla päällystämättömiä tai läpäiseviä pintoja, jolloin huleveden imeytymistä tehostetaan jo syntypaikalla (Suomen Kuntaliitto 2012, 20). Se on usein turvallisin toimintatapa, sillä suurten vesimäärien johtamista pohjaveden muodostumisalueelta toiselle on vältettävä. Etenkin jo rakennetuilla alueilla imeytettäessä on tärkeää tuntee muodostumisalueiden jakajat ja veden virtaussuunnat. Myös läheisten vedenottamoiden sijainnit ja niiden suojavyöhykkeet on huomioitava. (Valtonen 2011, 18–19, 21.)

Edellä mainitun listan loput menetelmät liittyvät veden poisjohtamiseen silloin kun kaiken imeyttäminen ei ole mahdollista. Myös tällöin suositaan mahdollisuuksien mukaan vaiheittaista imeytymistä tehostavia menetelmiä, kuten kosteikkojen, painanteiden tai altaiden kautta johtamista. Hulevesiviemäriputkessa tapahtuva poisjohtaminen on viimeinen vaihtoehto, vaikka tällöinkin pyritään ottamaan huomioon veden luonnonmukaiset valumareitit. (Suomen Kuntaliitto 2012, 21.)

Tässä pääluvussa esitellään erilaisia huleveden hallinnan tekniikoita yleisellä tasolla. Seuraavassa pääluvussa tarkennetaan hieman, minkälaisia erityispiirteitä liittyy taajama- ja teollisuusalueiden hulevesiasioihin.

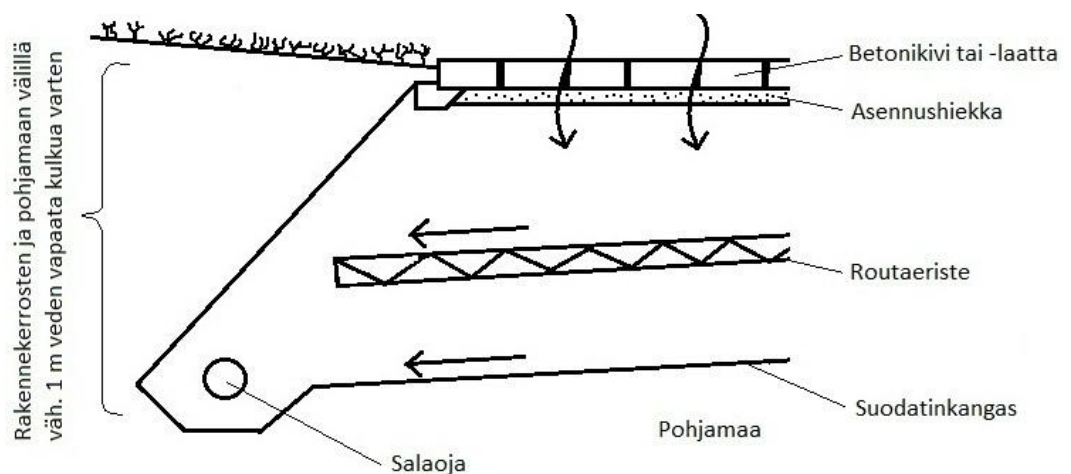
### 3.2 Hulevesien määrän vähentäminen

Ideaalinen ratkaisu hulevesikysymykseen on niiden määrän vähentäminen jo syntypaikalla. Seuraavissa alaluvuissa esitellään joitakin tähän soveltuvia tekniikoita.

#### 3.2.1 Lämpäisevät päällysteet

Hulevesien syntymisen estäminen ja niiden määrän vähentäminen ovat ensisijaisia tavoitteita taajama-alueiden vesihuollossa. Tämä saavutetaan esimerkiksi jättämällä alueita pinnoittamatta tai suosimalla päällysteitä, jotka päästävät veden lävitseen. (Suomen Kuntaliitto 2012, 20.)

Hyvin vettä läpäisevä pohjamaa yhdessä läpäisevän päällysteen kanssa on tavaltaan jo sellaisenaan valmis imeytysrakenne, jolla voidaan vähentää hulevesivalunnan määrää huomattavastikin. Vähennysteho riippuu pinnan läpäisykyvyn lisäksi myös sen kaltevuudesta. Heikosti vettä läpäisevällä maaperällä imeytystilana voi toimia massanvaihtokerros, joka sisältää myös salaojan. Routaeristystä käyttämällä voidaan vähentää tarvittavan massanvaihdon määrää. (Eskola & Tahvonen 2010, 98.) Rakenne on esitetty kuviossa 1.



KUVIO 1. Paikoilleen asennetun läpäisevän päällysteen rakennekuva (muokattu lähteestä Eskola & Tahvonen 2010, 99)

Läpäisevän päällysteen kautta kulkiessaan kiintoaines kerääntyy päällysteen alla olevaan kerrokseen, joka siis toimii suodattimena. Suodatinkerroksen alle voidaan tarvittaessa vielä sijoittaa putki, jonka kautta vesi johdetaan eteenpäin. Myös erillinen suodatinkangas voi tulla kyseeseen esimerkiksi pysäköintialueilla. Parkkipaikat ja hidasliikenteiset kadut ovatkin otollisia käyttökohteita läpäiseville päällysteille, sillä ne eivät vaadi yhtä tiivistä asfalttipintaa kuin nopean liikenteen alueet. (Ahponen 2005, 68–69.)

Läpäisevät päällysteet ovat usein pinnaltaan reikäisiä, jolloin huleveden laadun parantumista voidaan tehostaa esimerkiksi täyttämällä reiät mullalla ja istuttamalla niihin nurmea. Vihreä kasvillisuus luo myös viihtyisyyttä alueelle. (Ahponen 2005, 69.) Päällystettä ei saa kuitenkaan sijoittaa välittömästi rakennuksen seinän viereen, sillä vesi tulee johtaa pois päin talon seinästä, ei sitä kohti (University of Maryland Extension 2011, 2).

Tärkeitä seikkoja läpäisevien päällysteiden käyttöä suunniteltaessa ovat esimerkiksi materiaalin riittävän suuri huokostilavuus, tasaisuus (kallistus enintään 5 %) ja alla olevan maaperän vedenläpäisevyys. Sopivimmat maa-ainekset ovat karkea siltti, hiekka ja sora; muut vaativat tuekseen salaojituksen. Pohjavesikään ei saa olla yhtä metriä lähempänä maan pintaa. Lisäksi kaikki läpäiseviin päällysteisiin liittyvät hulevesiratkaisut edellyttävät aina myös ylivuotojärjestelmää. (Sito Oy 2013, 9–10.)

Päällysteiden huoltoon kuuluu säännöllinen puhdistus ainakin kolme kertaa vuodessa, sillä hiekan ei saa antaa kerääntyä pinnoitteen päälle. Siksi esimerkiksi talvihiekkoitus voi rajoittaa menetelmän soveltuvuutta tietyillä alueilla. Samat alueet voivat kärsiä myös routavaurioista. (University of Maryland Extension 2011, 8–9.)

#### Avoin asfaltti

Eräs läpäisevien päällysteiden tyyppi on *avoin asfaltti*, jonka vedenläpäisevyys perustuu toisiinsa yhteydessä oleviin ilmahuokosiin (Tielaitos 1997, 10). Avaimessa asfaltissa ei ole lainkaan hienoa ainesta, vaan pelkästään selkeitä kiviä. Sen tilavuudesta noin 20–30 % on tyhjää tilaa. (Törmänen 2007.) Yleensä läpäisevän

asfaltin on tarkoitus käsitellä vain omalle alalleen satava vesi, joten sille ei tule johtaa vettä ympäröiviltä alueilta (Sito Oy 2013, 6, 9).

Tavanomaiseen päällysteeseen verrattuna avointa asfalttia käyttämällä voidaan myös vähentää liikenteen melua, mutta se sopii lähinnä kevyen liikenteen väylille ja pysäköintipaikoille (Tielaitos 1997, 11, 28). Vilkkaan liikenteen alaisena se aiheuttaa kovaakin rengasmelua (Sito Oy 2013, 9).

Avoimen asfaltin haittapuolina on esimerkiksi sen karkeus, joka rajoittaa sen käyttöä esimerkiksi tietyissä virkistyskohteissa, joissa vaaditaan sileää pintaa (Malmberg 2008). Lisäksi Suomen oloissa on mahdollista, että läpäisykyky heikkenee huokosten tukkeutuessa (Tielaitos 1997, 28). Päällysteen huokosten puhdistaminen tapahtuu erityisillä välineillä, joihin kuuluu esimerkiksi voimakkaita vesipesureita ja imuautoja (CTRE 2007, 3).

Alkuinvestointikustannukset voivat myös olla tavanomaista päällystettä korkeammat, sillä kulkuväylien pohjia joudutaan yleensä vahvistamaan ennen asentamista. Lisäksi päällyste ei normaalisti kestä suurten ajoneuvojen massoja. Selvää on myös, että maaperän ja muun ympäristön ominaisuudet saattavat osaltaan rajoittaa menetelmän soveltuvuutta joillekin alueille. (CTRE 2007, 2–3.)

*Läpäisevää betonia* hyödyntävät hulevesisysteemit ovat perusrakenteeltaan samankaltaisia kuin läpäisevä asfalttikin, eroa on vain pintamateriaalissa. Varsinaiseen huleveden käsittelytehoon pintamateriaalin valinnalla ei ole juuri vaikutusta, mutta valinnassa kannattaa huomioida muun muassa käyttötarkoitus, kustannukset ja materiaalien saatavuus. (EPA 2009b.) Vastaavaan asfalttiin verrattuna läpäisevä betoni on hieman paksumpaa ja kalliimpaa, mutta myös pitkäikäisempää ja imeytysteholtaan parempaa (University of Maryland Extension 2011, 3).

### Kiveykset

Läpäisevien kivettyjen pintojen toiminta perustuu kivien tai laattojen väliin sijoitettavaan läpäisevään liitosaineeseen, jonka kautta vesi pääsee imeytymään maaperään. Itse kiviä ja laattoja on saatavilla erikokoisina ja -muotoisina. Kiveyksen alle sijoitetaan tiheydeltään harvaa alusmateriaalia ja tarvittaessa salaojaputki.



Alimmaisiksi voidaan laittaa vielä suojakangas. (University of Maryland Extension 2011, 6.) Kuvassa 1 on nähtävillä valmis laatoitus.



KUVA 1. Laatoitusta, jonka kivien välistä vesi pääsee imeytymään maaperään. Kuvan laatoitus sijaitsee lahtelaisen yrityskeskuksen pihan kevyesti liikennöidyllä alueella. (Kuva: Mika Sirviö 2013.)

Kiveysten alusrakenteiden kantavat kerrokset tehdään yleensä kiviaineksista. Kerrosten paksuus riippuu kohteen kesto vaatimuksista. Alusmaan on oltava routimatonta ja hyvin vettä läpäisevää, kuten soraa tai hiekkaa. Suodatinkangas asetetaan routivan perusmaan ja sorakerrosten väliin, mikä lisää kantavuutta ja estää maakerrosten sekoittumista. Kantavan kerroksen päälle laitetaan vielä muutaman sentin paksuinen asennushiekkakerros ennen kivien paikoilleen latomista. Kallistukset tulee toteuttaa erityisen tarkasti, jotta valuva vesi saadaan ohjautumaan tehokkaasti. (Onnistunut pihakivetyks vaatii huolellisen pohjatyön 2007.)

Kiveyspinnoitteen huoltoon liittyy ainakin ajoittainen uuden liitosaineen, lähinnä hiekan, lisääminen kivien väliin korvaamaan pois kulkeutunutta ainesta. Lunta auratessa on myös olemassa vaara, että aurauskauhan reuna vaurioittaa kiviä osuessaan niihin. (University of Maryland Extension 2011, 8–9.)

### 3.2.2 Viherkatot

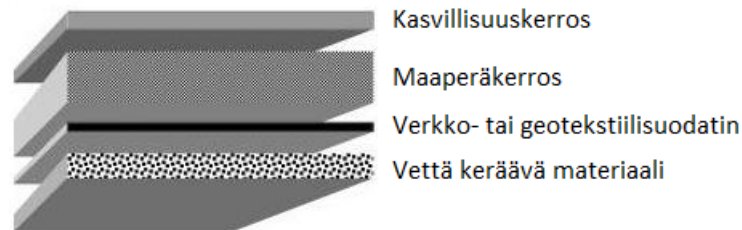
Viherkatosta puhutaan silloin, kun rakennuksen katto on kokonaan tai osittain tietynlaisen kasvillisuuden peitossa. Tekniikka on periaatteeltaan jo vuosisatoja vanha. Nykyisin sen ensisijainen etu on mahdollisuus hyödyntää rakennuksen kattoalaa sinne päätyvän huleveden puhdistamisessa ja hallinnassa. Tämän lisäksi viherkatoilla on myös muita, olosuhteista riippuvia etuja, vaikka kattoja ei yleensä ole varsinaisesti suunniteltu niitä ajatellen. (Czemiel Berndtsson 2009, 352.)

Eräs mainittava etu on katon pinnan ja sitä ympäröivän ilman viileneminen evapotranspiraation kautta, mikä saattaa puolestaan vähentää viilennyksen tai lämmityksen tarvetta sisällä rakennuksessa. Usein kasvillisuuden peittämät katot koetaan myös esteettisesti miellyttäväiksi. (EPA 2008, 3, 5, 11.) Viherkatoilla on myös jonkin verran asuinalueiden liikennemelua vähentäviä ominaisuuksia (Van Renterghem & Botteldooren 2008, 1086–1087). Ne voivat myös parantaa alueen eliöstön monimuotoisuutta (Cook-Patton & Bauerle 2012, 87).

Kattoniityn teknisen toteuttamisen oleellisia vaiheita ovat vedeneristyksen toimivuuden varmistaminen sekä juurisuojauksen asentaminen, jotta kasvit eivät pääse kosketuksiin rakennuksen katon kanssa. Pinta-alasta ja kaltevuudesta riippuen myös salaojitukselle voi olla tarvetta. Vedenpidätyskykyä lisää kasvukerroksen alla oleva vettä sitova kerros, jonka sisältämiin kuppimaisiin kennoihin vesi varastoituu väliaikaisesti. Myös huopamaisia ja sienimäisiä vedensitojakerroksia on kaupallisesti saatavilla. (Vilisics & Lehvävirta 2012, 31.) Viherkaton suunnittelussa kannattaa tarkistaa myös paloviranomaisen näkemys asiasta. (Eskola & Tahvonen 2010, 116).

Itse kasvu- eli maaperäkerroksen paksuus riippuu ainakin kasvilajeista, kaltevuudesta, sääoloista ja alempien kerrosten rakenteesta. Paksuus on usein 8 ja 20 cm:n välillä. Erillistä ravinteiden lisäystä kasvukerrokseen ei suositella huuhtoumisvaa-

ran ja mahdollisten rikkakasvien takia. Varsinaiset kasvit voidaan istuttaa katolle vaikkapa esikasvatettuina taimina, mutta mikäli olosuhteet sallivat, kasvuston voidaan myös antaa muodostua täysin luonnonmukaisesti omaan tahtiinsa. (Vilisics & Lehvävirta 2012, 31.) Viherkaton rakenteen kaaviokuva esitetään kuviossa 2.



KUVIO 2. Kaaviokuva viherkaton teknisestä rakenteesta (muokattu lähteestä Czemieli Berndtsson 2009, 352)

Maailmanlaajuisesti viherkattotekniikka on erityisen edistynyttä Saksassa, jossa jotkut kaupungit tukevat viherkattorakentamiskohteita verotuksen kautta. Myös joissain Pohjois-Amerikan kaupungeissa alan kehitystä kannustetaan sertifiointin avulla. Kuuman ilmaston kaupungeissa viherkattotekniikkaa on ollut mainittavasti käytössä esimerkiksi Egyptin Kairossa, Yhdistyneiden arabiemiirikuntien Dubaisissa sekä Yhdysvaltojen Las Vegasissa ja Phoenixissa. Etuna on tällöin kasvipeitteen viilentävä vaikutus, mutta toisaalta kasvava vedenkulutus rajoittaa rakentamista. (Vilisics & Lehvävirta 2012, 32.)

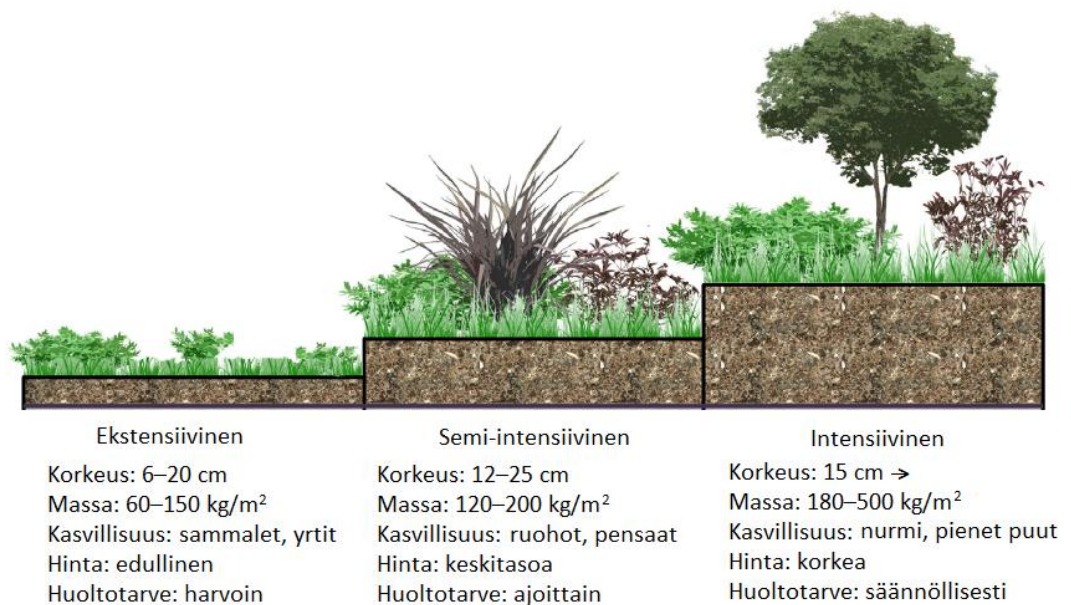
Viherkattotyypit jaotellaan usein kahteen pääluokkaan:

*Ekstensiivisessä (matalan profiilin)* viherkatossa suositaan karuissa oloissa selviäviä kasvilajeja, kuten maksaruohoja, yrtejä ja sammalia. Tällöin viherkatto ei vaadi asentamisen jälkeen jatkuvaa huoltoa, vaan tulee pitkälti toimeen omillaan. Toisaalta kattoa ei tällöin ole juurikaan mahdollista hyödyntää virkistystarkoituksiin. Tarvittavan maakerroksen syvyyden ei tarvitse olla suuri, jolloin myös kaltevuudeltaan jopa yli 30-asteisia kattoja voidaan jossain määrin viheriöidä. (EPA

2008, 4, 17.) Eri tutkimuksissa on arvioitu tarvittavan kasvukerroksen paksuudeksi noin 20–150 mm (Czemieli Berndtsson 2009, 352).

*Intensiivinen (korkean profiilin)* viherkatto taas muistuttaa enemmän perinteistä puutarhaa eikä aseta juurikaan rajoituksia mahdollisten kasvilajien suhteen; jopa suuria puita voidaan sopivissa oloissa istuttaa katolle. Tällainen kattopuutarha on kuitenkin ekstensiivistä viherkattoa selvästi kalliimpi asentaa ja tarvitsee toimiakseen säännöllistä hoitoa ja yleensä myös kastelujärjestelmän. Se asettaa myös kattorakenteiden tukevuudelle ja tasaisuudelle tiukempia vaatimuksia kasvillisuuden ja maaperän suuremman massan ja erilaisen koostumuksen takia. (EPA 2008, 4-5.)

Ekstensiivisen ja intensiivisen viherkaton ominaisuuksia esitellään kuviossa 3. Kuviossa mainitut muutamat kasvillisuusesimerkit ovat lähinnä suuntaa-antavia, sillä todellisuudessa viherkatoille voidaan istuttaa hyvin monenlaista kasvustoa. Kuvion tietoja voi verrata vaikkapa Eskolan ja Tahvosen (2010, 116) esimerkkiin, jonka mukaan valmis kasvillisuusmatto on paksuudeltaan noin 50 mm ja painaa rakenteineen noin 50 kg/m<sup>2</sup>. Tällainen katto voi saman lähteen mukaan pidättää vuotuisesta sademäärästä jopa puolet.



KUVIO 3. Havainnekuva eri viherkattotyypin välisistä eroista ja ominaisuuksista (muokattu lähteestä Fernandez-Cañero, Emilsson, Fernandez-Barba & Herrera Machuca 2013, 108)

Hulevesien suhteen viherkattojen toimintatehokkuus riippuu muun muassa sadetapahtumien esiintymistiheydestä ja sateen rankkuudesta. Esimerkiksi Teemuskin ja Manderin (2007, 276) suorittamassa tutkimuksessa havaittiin viherkaton vedenpidätys- ja viivytyiskyvyn olevan suurin silloin, kun sadetapahtumaa edelsi sateeton jakso ja kasvualusta oli kuiva. Rankkasateessa pidätyskyky oli heikko ja vesi valui nopeasti pois katolta.

Teemusk ja Mander (2007, 276–277) havaitsivat niin ikään, että viherkatolla oli huleveden laatuun sekä positiivisia että negatiivisia vaikutuksia. Esimerkiksi lumen sulamisvedestä mitattiin tavallista korkeampia pitoisuuksia, koska ilmakehän epäpuhtaudet kertyvät herkästi lumeen. Kirjoittajien mielestä kokonaisvaikutus oli kuitenkin selvästi positiivinen, joten jatkossa tutkimus kannattaisi keskittää kasvulosuhteiden optimointiin, esimerkiksi lannoittamiseen.

### 3.2.3 Imeytysmenetelmät

Eräs vaihtoehto hulevesien poisjohtamiselle on sen imeyttäminen jo syntypaikalla tai lähellä sitä, mikä onkin Suomen Kuntaliiton (2012, 146) mukaan eräs suosittelavimmista hulevesitoimenpiteistä. Tekniikasta käytetään suomen kielessä vaihtelevia nimityksiä, kuten biopidätys tai bioimeytys. Englanniksi puhutaan käsitteistä *biofiltration*, *bioretention* tai *raingarden*. (Hätinen 2010, 6.) Jälkimmäisen suomenkielinen vastine on sadepuutarha, joka voi yksinkertaisimmillaan olla vain piha-alueella oleva painanne, joka edesauttaa tontilta valuvien hulevesien imeytymistä ja haitta-aineiden pidättymistä. Se voi myös monipuolistaa alueen kasvistoa ja eläimistöä. (Kuopion kaupunki 2011.)

Imeytyksen perusajatus on huleveden määrän vähentäminen, mutta suotautuminen kasvillisuuden ja maakerrosten läpi parantaa myös sen laatua. Käytännössä vettä varastoituu tilapäisesti maaperän huokostilavuuteen, josta sitä valuu vähitellen pois sadetapahtuman jälkeen, mikä tasaa yli- ja alivirtaamia. Suuret tai peräkkäiset sadetapahtumat voivat kuitenkin saada rakenteen huokostilavuuden täyttymään tilapäisesti, jolloin imeytyksen teho heikkenee olennaisesti. Siksi imeytysratkaisut eivät yksin riitä käsittelemään tulvatilanteiden hulevesiä. (Suomen Kuntaliitto 2012, 147.)

Biopidätyksen etuna voidaan pitää sen soveltuvuutta jo ennestään rakennettuihin kohteisiin (Komulainen 2012, 24), myös teollisuusalueilla. Tällaisilla alueilla taas perinteisen ratkaisun – hulevesiviemäriin rakentamisen – toteuttaminen muodostuisi kalliiksi. Viemärisysteemi voisi myös voimistaa eroosiota putken purkualueella ja vaikuttaa pohjaveden muodostumiseen. (Hätinen 2010, 6, 49.) Pohjaveden pinnan alenemisesta seuraavaa maan painumista voidaan ehkäistä suosimalla imeytysratkaisuja. (Suomen Kuntaliitto 2012, 147.)

Eduistaan huolimatta bioimeytys ei aina sovellu kaikkiin kohteisiin, sillä veden pilaantumisvaaran takia on suositeltu, että esimerkiksi läpäiseviä päällysteitä käytetään vain asuinkortteleissa ja kevyen liikenteen väylillä, joissa liikennemäärät ovat vähäisiä. Lisäksi maaperän läpäisevyyden on oltava riittävä ja hulevesien tarpeeksi puhtaita. (Valtonen 2011, 20–21.)

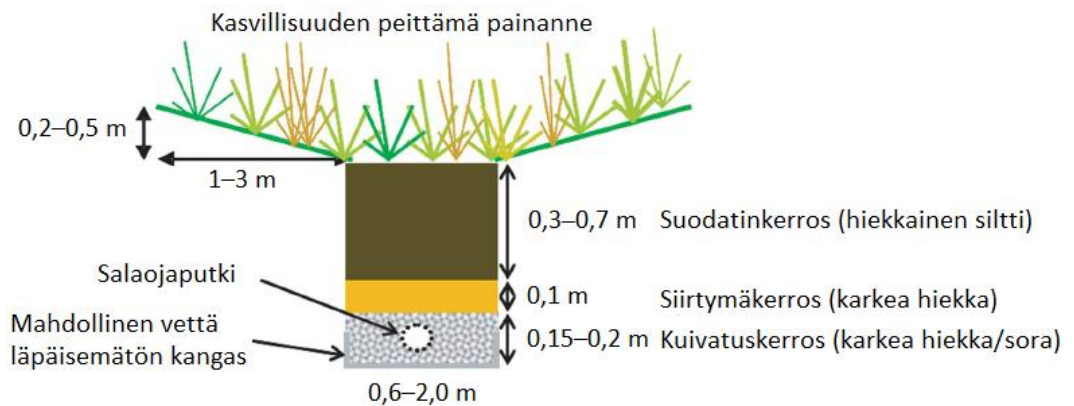
#### Biopidätysalueen rakenne

Pohjimmiltaan biopidätysrakenne on maahan tehtävä kaivanto, joka täytetään soralla, hiekalla tai muulla sopivan huokoisella materiaalilla. Suuri hiekkapitoisuus tehostaa veden imeytymistä. Kasvien lisääminenkin auttaa, sillä ne edistävät haihtumista ja niiden juuret lisäävät maaperän huokoisuutta. Rakenteeseen sijoitettavat kerrokset suunnitellaan tarkoin, sillä jokaisella on oma merkityksensä imeytyksessä. Sadetapahtuman aikana vettä ohjataan rakenteeseen, johon se saa väliaikaisesti patoutua ennen varsinaista imeytymistä. Lopulta maa-aineksen läpi suodattunut vesi kerätään ja joko johdetaan pois tai imeytetään ympäröivään maastoon. Viimeksi mainitun tavan etuna on, että se ei häiritse pohjavesien uudistumista alueella. (Hätinen 2010, 6–7.)

Tyypillisesti kaivannot ovat pinnaltaan avoimia, mutta ne voidaan sijoittaa myös maan alle, jolloin vedet johdetaan salaojien kautta. Tällöin on erityisen tärkeää, että järjestelmässä on esikäsittelyvaihe, joka poistaa vedestä tukkeutumista aiheuttavaa kiintoainesta. Esikäsittelynä voi toimia vaikkapa viherpainanne tai pieni viivytysallas, mutta maanalaiset systeemit vaativat lisäksi erilliset hiekan- ja öljynerotinimet. Pohjavesialueella käsittelytehokkuus on erityisen tärkeää. (Suomen Kuntaliitto 2012, 147–148.)



Kaivantoon sijoitettavat kerrokset ovat ylhäältä alas lukien katekerros, suodatinkerros, siirtymäkerros (tai suodatinkangas) ja kuivatuskerros. Joskus kaksi viimeksi mainittua voidaan jättää rakentamatta, mikäli kuivatus ei ole tarpeellista tai mahdollista esimerkiksi maaperän laadun vuoksi. Kuivatuskerroksesta salaojat johtavat vettä eteenpäin joko suoraan vesistöön tai hulevesiviemäriverkostoon. (Komulainen 2012, 26.) Biopidätystekniikan perusrakenne ja mittasuhteet on esitetty kuviossa 4.



KUVIO 4. Biosuodatusrakenteen kaaviokuva (muokattu lähteestä Komulainen 2012, 26). Siltin raekoko on noin 0,002–0,06 mm, hiekan noin 0,06–2,0 mm ja soran noin 2,0–60,0 mm (Ronkainen 2012, 9).

Hulevesien käsittelyssä ongelmallista on usein niiden mukana kulkeutuvien epäpuhtauksien määrä. Haitta-aineita pääsee vesiin esimerkiksi katujen päällysteistä, autojen renkaista, puutarhojen lannoitteista ja autojen pesuvesistä. Eläinten ulosteet tuovat vesiin yhtäältä erilaisia bakteereja, toisaalta ravinteiden lähteitä. (Valtonen 2011, 26.) Biopidätysrakenteessa sedimentoituminen poistaa kiintoaineeseen sitoutuneita haitta-aineita vedestä, kun taas liuenneet aineet voivat erottua biologisten tai kemiallisten prosessien kautta. (Hätinen 2010, 8.)

Hätinen (2010, 8) esittelee tutkimuksessaan ravinteiden pidättymistehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä, joiden merkitystä biopidätysrakenteessa on selvitetty eri tutkimuksissa. Esiteltyjen selvitysten mukaan jo ravinteiden laaduilla on eroja, sillä

esimerkiksi lämpötilalla on havaittu olevan merkitystä erityisesti typpiyhdisteiden pidättymiseen. Kasvillisuus lisää typen ja fosforin pidättymisen tehokkuutta, tietyt kasvilajit enemmän kuin toiset. Maatyyppejä vertailtaessa huomattiin, että kasvillisuus kannattaa istuttaa hiekkaan tai hiekkaiseen saveen.

Fosforin poistoteho voi olla bioimeytyksessä noin 75 %, mutta typen suhteen teho riippuu enemmän kasvien kyvystä sitoa sitä. Toisinaan rakenteesta poistuvassa vedessä saatetaan havaita enemmän typpeä kuin siihen tulevassa vedessä, sillä maaperä voi itsessään toimia typen lähteenä. (Komulainen 2012, 8.) Typen ja fosforin pidättymisteho ja mahdollinen leviäminen ympäristöön on tärkeä huomioida, sillä ne ovat tärkeimmät rehevöitymistä aiheuttavat aineet ympäristössä. Rakennettu ympäristö onkin Suomessa kuudenneksi suurin typen ja fosforin lähde (Komulainen 2012, 18).

Raskasmetallien pidättyminen on biosuodatuksessa yleensä hyvin tehokasta, yli 90 % (Komulainen 2012, 8), lähes olosuhteista riippumatta. Sitä edesauttaa parhaiten rakenteen pinnalle sijoitettava orgaanisen aineksen kerros, vaikka toisaalta tällöin kasvillisuuden vaikutus ei ole mainittava. Karikekerroksen on myös havaittu aiheuttavan ravinteiden huuhtoutumista johtuen orgaanisen aineksen hajoamisesta ajan mittaan. Kosteusolosuhteiden ei ole havaittu vaikuttavan merkittävästi kuparin, lyijyn ja sinkin kaltaisten metallien pidättymiseen. (Hätinen 2010, 8–9.)

Eräs biopidätysrakenteisiin liittyvä ongelma on niiden pintakerrokseen kertyvien kiintoaineiden aiheuttama tukkeutumisherkkyyys. Kiintoaineeseen sitoutuneet haitta-aineet voivat myös vaarantaa maaperän ja pohjaveden laadun. Tämän takia on syytä vaihtaa suodatusrakenteen pintakerros aika ajoin. Tutkimuksessa on arvioitu, että pidätysrakenteeseen kertyneet metallit voivat haitata ekosysteemin toimintaa noin 15–20 vuoden käytön jälkeen, joskin lisätutkimusta kaivataan varmuuden lisäämiseksi. (Hätinen 2010, 9–10.) Pintakerroksen lisäksi myös suodatinkankaaseen liittyy tukkeutumisvaara, minkä takia sen sijasta kannattaa joskus käyttää siirtymäkerrosta (Suomen Kuntaliitto 2012, 148).

Biopidätysalueen rakenteella on myös oma tilavaatimuksensa. Systemin tulee mahtua kohdekiinteistölle, vaikka imeytysjärjestelmän ja kuivatettavan rakenteen väliin jätetään tarpeeksi välimatkaa (ns. varoetäisyys). Varoetäisyyden suuruuteen



vaikuttavat rakenteiden luonne, pohjamaan ominaisuudet, järjestelmän korkeuserot ja ylivuotojärjestelyt. (Valtonen 2011, 21.) Olemassa olevien rakennusten läheisyydessä imeytettäessä on huomioitava kosteusvaurioriski (Suomen Kuntaliitto 2012, 147). Biopidätysrakenteen koon olisi hyvä olla ainakin 4–5 % koko valuma-alueen pinta-alasta, jotta huleveden imeytyminen olisi tehokasta (Hätinen 2010, 6).

Suomen oloissa merkittäväksi kysymykseksi nousee biopidätysrakenteiden toimivuus kylmissä olosuhteissa, sillä alhaiset lämpötilat hidastavat biologista toimintaa. Samaten maaperän ja putkistojen jäätyminen lisäävät valuntaa talvisin. Näitä vaikeuksia voidaan torjua suosimalla vähemmän kosteaa maa-ainesta ja kylmää sietäviä kasvilajeja. Kiintoaineksen pidättymiseen kylmyydellä ei ole juuri vaikutusta, sillä se perustuu pääasiassa mekaaniseen sedimentaatioon. (Hätinen 2010, 10.)

### 3.3 Hulevesien viivytyksen menetelmät

Vaikka hulevettä ei voitaisi käsitellä syntypaikallaan, sen kulkua voidaan hidastaa pois johdottaessakin. Pelkän suoran poisviemisen sijaan hulevettä kannattaa ohjata kulkeutumaan viivyttävien rakenteiden kautta. Tällaisia rakenteita on monia; seuraavassa esitellään niistä kaksi yleisintä.

#### 3.3.1 Hulevesialtaat

Määritelmänsä mukaan hulevesialtaita käytetään hulevesien varastoimiseen, laskeuttamiseen ja viivyttämiseen. Niin sanotussa pidätysaltaassa on vettä jatkuvasti, kun taas viivytyksellä on osan aikaa kuivana. Allas eroaa esimerkiksi imeytyspainanteesta, sillä viimemainitun on tarkoitus tyhjäntyä itsestään viimeistään vuorokauden kuluessa täyttymisestään. Kosteikkoihin verrattuna altaiden avoin vesipinta on laajempi ja ne voivat olla täysin kovapintaisia ja kasvittomia. (Suomen Kuntaliitto 2012, 10, 13, 16, 151, 225.) Lammikoista altaat taas eroavat esimerkiksi matalamman syvyytensä puolesta (Eskola & Tahvonen 2010, 115.)

Rakennettuja hulevesialtaita käytetään etenkin kaupunkimaisilla alueilla, sillä niistä voidaan halutessa tehdä ulkoasultaan näyttäviä elementtejä tai toisaalta

luonnonmukaisen lammikon näköisiä. Altaassa pyritään pääsääntöisesti säilyttämään pysyvä, joskin matala, vesipinta, joten pohjan on oltava vesitiivis. Tähän päästään esimerkiksi vuoraamalla pohja muovikalvolla tai bentoniittimatolla. Myös savikerrosta tai kivilaattoja voidaan käyttää. Huoltoa varten mukaan on asennettava tyhjennysputki, kun taas tulvimisen varalta tarvitaan ylivuotoreitti. (Suomen Kuntaliitto 2012, 173–174.)

Hulevesien viivyttämistä varten rakennetun altaan jatkuva kunnossapito on tärkeää, jotta se toimii oikein pitemmänkin ajan päästä. Tarkat toimenpiteet riippuvat muun muassa altaan rakennusmateriaalista, mutta toimiin sisältyy ainakin roskien poistamista sekä lähtö- ja tuloputkien puhdistamista ja sulanapitoa. Myös itse altaasta tulee välillä puhdistaa ja tarvittaessa korjata. Rakennetut altaat vaativat enemmän puhtaanapitoa kuin monet muut viivytyksen menetelmät, sillä riskinä on esimerkiksi hajuhaittoja aiheuttavan leväkasvuston muodostuminen. (Suomen Kuntaliitto 2012, 172, 255–256, 259.)

Allasta ei tule mitoittaa liian suureksi, sillä jos se on suunniteltu vastaanottamaan harvinaisen suurten rankkasateiden vesimääriä, se ei ehkä viivyttä tavanomaisia, usein toistuvia virtaamia juuri lainkaan. Tämä puolestaan aiheuttaa eroosiota, joka usein johtuu nimenomaan taajaan toistuvista virtaamavaihteluista. (Suomen Kuntaliitto 2012, 107.) Toisaalta erityisen suuria altaita voidaan ehkä hyödyntää muussa käytössä, kuten kuvioista 5 ilmenee.



KUVIO 5. Esimerkki pieneltä osin täyttyneestä laajasta hulevesialtaasta, joka toimii kuivana ollessaan ulkoilupuistona, mutta voi tarpeen vaatiessa myös täyttyä kokonaan vedellä. Kohde sijaitsee Tanskan Roskildessa. (Kuva: Facebook 2013.)

### 3.3.2 Kosteikot

Rakennettu kosteikko on keinotekoinen lammikon kaltainen hulevesirakenne, joka toimii veden kerääjänä, viivyttäjänä ja puhdistajana. Vesi voidaan tuoda sinne joko pintavaluntana tai imeytysjärjestelmän kautta. Kuten hulevesialtaissa, myös kosteikoissa säilytetään yleensä pysyvä vesipinta myös kuivempina kausina. (Suomen Kuntaliitto 2012, 10, 21.) Kosteikot sopivat kohteisiin, joissa halutaan vähentää huleveden ravinne- ja kiintoainekuormaa. Hyödyntäminen vaatii kuitenkin, että kuormituksen lähteen ja vesistön välinen etäisyys on riittävä. (Eskola & Tahvonen 2010, 111.)

Rakennettavan kosteikon sijaintipaikan valinnassa huomioidaan veden läheisyyden lisäksi myös maaperän laatu ja pinnan muodot. Koska kosteikon pohjan halutaan pysyvän aina vetisenä, se ei voi sijaita liian kaukana maaperän normaalin vesitason yläpuolella, ellei sitten maaperä ole tiivistä savea. Tasaiset maat sopivat tarkoitukseen mäkisiä alueita paremmin taloudellisista syistä. Suunnittelussa ja rakentamisessa pohditaan myös huollon helppoutta ja kosteikon turvallisuutta

lähistön asukkaille. (Hunt & Doll 2000, 3–4.) Alla olevassa kuvassa 2 on valokuva valmiista kosteikosta.



KUVA 2. Hulevesikosteikko Yhdysvaltain Pohjois-Carolinan osavaltion Wataugan piirikunnassa (kuva: NC State University 2013)

Koska kosteikoista pitää pystyä poistamaan sinne ajan myötä kertyvää kiintoainesta, niiden yhteyteen rakennetaan usein laskeutusaltaita, jotka toteutetaan kaivamalla tai patoamalla. Altaat pienentävät virtausnopeutta ja mahdollistavat näin partikkelien laskeutumisen altaan pohjalle. Eri maalajien hiukkaset laskeutuvat eri nopeuksilla: hiekkahiukkanen (halkaisija 0,6 mm) voi laskeutua metrin matkan noin kymmenessä sekunnissa, kun taas savipartikkeli (halkaisija 0,0015 mm) kuluttaa samaan matkaan useita vuorokausia. (Eskola & Tahvonen 2010, 111–113.)

Kosteikkojen ilmeisimmät hyödyt liittyvät siis veden virtaaman tasaamiseen ja ravinnepitoisuuden vähenemiseen, mutta niillä on havaittu olevan positiivisia vaikutuksia myös paikallisilmastoon. Ne voivat myös tarjota suotuisan elinympäristön erinäisille kasvi- ja eläinlajeille, jotka puolestaan edistävät sekä alueen hyödyttää virkistyskäyttöä. (Moore & Hunt 2011, 2.) Joskus seisovavetinen allas saattaa edesauttaa haitallisten hyttysten lisääntymistä, mutta hyvin hoidetussa kosteikossa

viihtyvät myös niitä saalistavat lajit, jotka pitävät kannan kurissa. (NC State University 2013.)

Haitta-aineiden väheneminen kosteikossa perustuu esimerkiksi sedimentaatioon ja suotautumiseen, jotka poistavat vedestä kiintoaineen lisäksi myös jonkin verran maa-ainekseen sitoutunutta fosforia. Adsorptio eli maapartikkelien pinnalle kiinnittyminen puolestaan poistaa liuenneita metalleja ja liukoista fosforia. Kosteikon kasvit keräävät pienen osan ravinteista itseensä, minkä lisäksi mikrobi prosessit, kuten nitrifikaatio ja denitrifikaatio, tehostavat orgaanisen materiaalin vähenemistä. Tavanomaisella auringonvalo- ja kuivuusaltistuksellakin on patogeenejä eliminoiva vaikutus. (Hunt & Doll 2000, 2.)

Mahdollista on kuitenkin, että kosteikosta poistuvassa vedessä on enemmän ravinteita kuin sinne tulevassa. Näin voi käydä etenkin silloin, kun ravinneköyhää hulevettä saapuu ravinteikkaalla maalla sijaitsevalle kosteikolle. Tästä syystä pinta- maata voidaan joutua vaihtamaan ajoittain. Toinen tehokkuutta heikentävä seikka on tarvittavien kasvien vaatima kypsymisaika, joka on usein vähintään yhden kasvukauden mittainen. (Suomen Kuntaliitto 2012, 175–176.)

Kosteikossa veden keskisyvyys on vain muutamia kymmeniä senttejä, mutta se vaihtelee jonkin verran ajan mittaan. Reunaluiskien tulee olla melko loivat, mikä osaltaan vaikuttaa kosteikon melko suureen tilavaatimukseen. Myös tasausallas vaatii oman tilansa, joka on noin 10–15 % kosteikon mitoitustilavuudesta. Muodoltaan kosteikon on hyvä olla pitkulainen ja mutkitteleva, jotta riittävä viipymisefekti saadaan aikaan. (Suomen Kuntaliitto 2012, 175.)

### 3.4 Hulevesien pintajohtamismenetelmät

Tyypillinen ratkaisu huleveden käsittelyssä on pitkään ollut johtaa vesi pois syntypaikalta joko suoraan vesistöön tai muualla käsiteltäväksi. Johtaminen tapahtuu usein maanalaisissa putkissa, mutta myös avoimet reitit ovat mahdollisia. Tällöin pääpyrkimys on hidastaa virtaamaa ja näin mahdollistaa imeytyminen sekä epäpuhtauksien laskeutuminen. Avointen reittien, kuten kourujen, ojien ja viherpainanteiden, virtaamaa voidaan hidastaa kasvillisuudella sekä vähentämällä kaltevuutta ja lisäämällä pituutta. (Suomen Kuntaliitto 2012, 21, 157.)

Avoimet johtamisjärjestelmät soveltuvat parhaiten väljästi rakennetuille alueille, etenkin kun niille tehdään kunnolliset tilavaraukset. Pienillä valuma-alueilla, kuten yksittäisillä kiinteistöillä, järjestelmän voi toteuttaa myös tiuhaan rakennettuun ympäristöön. (Suomen Kuntaliitto 2012, 21, 157.)

#### 3.4.1 Hulevesikourut

Hulevesikourut ovat tavallisesti matalia ja kapeita betonista tai kivistä valmistettavia pyöreäpohjaisia rakennustuotteita, joiden avulla vähäisiä vesimääriä voidaan johtaa etäämmäs syntypaikastaan. Betonikourun yläosaan asennetaan usein ritiläkansi tasaisuutta varmistamaan, jolloin puhutaan linjavesikouruista. Kourun voi myös latoa luonnonkivistä asettamalla niitä maakostean betoniin ja tiivistämällä saumat kivituhkalla, bitumilla tai betonilla. (Suomen Kuntaliitto 2012, 168.)

Kuvassa 3 on valokuva laatoitetulle pihalle asennetusta Aco Drain Multiline-kourusta sekä kourun rakennekuva. Kyseinen kouru saadaan erittäin tiiviiksi erityisen turvasauman avulla, ja siinä käytetty polymeeribetoni varmistaa kourun sopivuuden myös useimmille niin sanotuille aggressiivisille aineille.



KUVA 3. Aco Drain Multiline -kouru asennettuna pihalle. Yläkulman pienemmässä kuvassa näkyy kourun rakenne. Kuvan kouru on eurooppalaisen standardin EN 1433 mukainen ja sen maksimikuormitus on 25 tonnia. (Kuvat: Kivikopla Oy 2013.)

Kourut ovat pieniä rakenteita, joten ne on tarkoitettu lähinnä vain veden johtamiseen paikasta toiseen. Niillä, kuten muillakaan vedenjohtamismenetelmillä, ei voida pyrkiä koko vesimäärän viivyttämiseen, mutta pienillä valuma-alueilla mitoitusta ei yleensä muutenkaan tarvitse tehdä laskennallisten hydrologisten vaatimusten mukaisesti. (Suomen Kuntaliitto 2012, 158.)

### 3.4.2 Avo-ojat

Hulevesiä voidaan johtaa esimerkiksi tien varrella kulkevaa avo-ojaa pitkin, joskin tähän tulee saada maanomistajalta lupa. Koska ojat voivat olla syviä ja jyrkkäreunaisia, niihin voidaan tuoda myös salaojavesiä, mutta toisaalta tämä lisää niiden tilavaatimusta ja heikentää turvallisuutta, esteettisyyttä sekä kunnossapitomahdollisuuksia. Ongelmana on esimerkiksi voimakas eroosioalttius, jota voidaan torjua suosimalla loivia luiskia ja pieniä pituuskallistuksia. (Suomen Kuntaliitto 2012, 158–159.)

Hulevesiä tulisi viivyttää jo kiinteistöllä ennen avo-ojaan johtamista, jotta ojan eroosiokulumista saadaan vähennettyä. Itse ojallakin on viivyttäviä ja tasaavia vaikutuksia, mikä yhdessä pienemmän tulvaherkkyuden kanssa tekee ojista hulevesiviemäriä suositeltavamman vaihtoehdon. (Suomen Kuntaliitto 2012, 159.) Avo-ojat sopivat lähinnä taajamien ulkokuulisille alueille, joissa leveitäkin katualueita on mahdollista toteuttaa. (Tiihonen 2007, 23.)

Avouomien mitoituksessa hyödynnetään Manningin kaavaa, jonka avulla saadaan selville uoman mitoitusvirtaama  $Q$  yksikössä  $m^3/s$  (Tiihonen 2007, 23):

$$Q = (A \cdot R^{2/3} \cdot S_0^{1/2}) / n \quad (\text{Kaava 3})$$

jossa  $A$  = ojan märkäpinta-ala [ $m^2$ ]  
 $R$  = uoman hydraulinen pinta-ala [ $m$ ]  
 $S_0$  = uoman pituuskaltevuus, [ $m/m$ ]  
 $n$  = Manningin karkeuskerroin, laaduton.

Karkeuskertoimen arvot vaihtelevat pinnan materiaalin mukaan. Esimerkiksi soralla ja hiekalla kerroin on noin 0,020–0,030, kun taas asfalttipinnalla se jää 0,013:n ja 0,016:n välille. Kerroin on suurin (jopa 0,150) paljon kasvillisuutta sisältävissä luonnonuomissa. (Suomen Kuntaliitto 2012, 170.)

Manningin kaavalla saadaan selville uoman virtaama, josta voidaan edelleen selvittää veden virtausnopeus, kun ojan poikkipinta-ala tunnetaan. Ojan suurin sallittu keskimääräinen vedennopeus riippuu maalajista tai verhoustavasta: silttisessä tai liejusavisessa ojassa vesi saa virrata vain 0,30 m/s nopeudella, kun taas vaikkapa tiiviissä moreenimaassa nopeus voi olla 1,20 m/s. Nopeinta virtausta kestää betoniverhottu oja, jossa sallitaan nopeus 4,00 m/s. (Pajula & Järvenpää 2007, 56.)



## 4 HULEVESIEN KÄSITTELYN ERITYISPIIRTEITÄ

### 4.1 Hulevesien käsittely taajama-alueilla

Taajama-alueilla merkittävin veden kiertokulkuun ja hulevesien määrään vaikuttava tekijä on läpäisemättömän pinnan määrä, jonka osuus kokonaispinta-alasta voi olla yli 50 %. Tällaiset pinnat, kuten kadut, katot ja pysäköintialueet, lisäävät pintavalunnan määrää erittäin runsaasti, joskin osa pinnoille osuvasta vedestä pääsee imeytymään alueiden välissä olevien läpäisevien kohtien kautta. Suomalaisissa taajamissa keskimäärin 50–80 % läpäisemättömän pinnan alasta tuottaa välitöntä pintavaluntaa. (Suomen Kuntaliitto 2012, 18.)

Varsinaisten läpäisemättömien pintojen lisäksi on huomattava, että kaupunkialueiden maaperää on usein rakentamisen yhteydessä muutettu luontaista tiiviimmäksi, mikä myös osaltaan lisää valunnan määrää (Valtonen 2011, 19). Suurissa kaupungeissa myös sataa arviolta 10 % enemmän kuin harvaan asutuilla alueilla. Syyksi tähän on esitetty muun muassa korkeampaa lämpötilaa, ilmavirtojen pyörteisyyttä ja ilman saasteisuutta. (Komulainen 2012, 17.)

Perinteisesti teollisuusalueilta peräisin olevissa hulevesissä on enemmän haitta-aineita kuin asuinalueiden vesissä, mikä johtuu esimerkiksi kemikaalien käytöstä monien yritysten toiminnassa. Myös erilaisia öljyjä, liuottimia ja metalleja (etenkin sinkkiä ja kuparia) tavataan usein teollisuusalueiden hulevesistä, kuten myös PAH-yhdisteitä eli polyaromaattisia hiilivetyjä. Haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (VOC, *volatile organic compounds*) havaitaan hieman satunnaisemmin. Osa haitta-aineista on vedessä liukoisessa muodossa, vaikka suurin osa onkin sitoutunut partikkeleihin. (Hätinen 2010, 3–4.) Usein likaisin hulevesi muodostuu heti sadetapahtuman alussa, kun pinnalle kertynyt lika tarttuu sadeveden mukaan. Ilmiön nimi on alkuhuuhtouma, englanniksi *first flush*. (Kotola & Nurminen 2005, 14.)

Vaikka erinäiset tutkimukset mainitsevat PAH- ja VOC-päästöjen olevan ongelmallisia teollisuusalueiden hulevesissä, esimerkiksi Hätisen (2010, 43–45) suorittamissa mittauksissa niiden pitoisuudet jäivät huomattavan alhaisiksi, alle määrittelyrajan. Samaten havaitsematta jäi useita yhdisteitä, jotka on määritetty pohjavedelle haitallisiksi valtioneuvoston pohjavesidirektiivissä. Tällaisia yhdisteitä olivat

esimerkiksi vinyylidikloridi, bentseeni, MTBE (metyylitertiääributyylieetteri) ja kloroformi. Tulokset ovat mielenkiintoisia siksi, että analysoitavat näytteet oli kerätty hollolalaisilta teollisuusalueilta suhteellisen läheltä tämän opinnäytetyön kohdeyritystä.

Käsittlemättömien hulevesien tiedetään vaarantavan vesistöjen puhtauden, sillä niiden valuessa rakennetun ympäristön pintoja pitkin niihin kertyy muun muassa roskia, kemikaaleja ja maa-ainesta. Huleveden mukana nämä aineet voivat lopulta päätyä vesistöihin, joissa ne voivat aiheuttaa esimerkiksi samentumista, hapettomuutta ja myrkyllisyyttä. (EPA 2003.) Hulevettä ei kuitenkaan suoraan luokitella saasteeksi, ja usein sen hallintaa varten asetetut vaatimukset ovat keskenään ristiriidassa (Parikh, Taylor, Hoagland, Thurston & Shuster 2005, 133–134).

#### 4.2 Hulevesien käsittely pohjavesialueilla

Yhteiskunnan kaupungistumisen myötä pohjavesien luonnollinen uudistuminen on usein vaikeutunut urbaaneilla alueilla, sillä suotautumista ei pääse tapahtumaan läpäisemättömien pintojen kautta. Määrällisten muutosten ohella myös pohjavedeksi siirtyvän sadeveden laatu on muuttunut heikommaksi sen sisältämien epäpuhtauksien vuoksi. Sen takia on tärkeää, että hulevesien käsittelyjärjestelmää toteutettaessa otetaan erikseen huomioon kussakin kohteessa vallitsevat olosuhteet. (Pitt, Clark & Field 1999, 217–218.)

Haitta-aineet joutuvat maaperään ensisijaisesti veden mukana, minkä takia hulevesien asianmukainen hallinta on tärkeä osa ympäristönsuojelustrategiaa. Maaperän ja pohjaveden pilaantumiset ovat yhteydessä toisiinsa, sillä hyvin vettä läpäisevässä maassa haitta-aineet pääsevät nopeasti etenemään pohjaveteen saakka, etenkin jos pohjaveden pinta on lähellä maanpintaa. Pohjavedelle vaarallisimpia ovat erityisesti liukoiset aineet, kuten kloridi, PAH:t ja VOC:t (Hätinen 2010, 5.)

Pittin ym. (1999, 218–220) mukaan typpi on yleisin epäpuhtaudeksi luettava ravinne, jota pohjavesissä havaitaan. Se on myös muodoltaan erittäin liukoinen ja saattaa siksi kulkeutua pitkienkin matkojen päähän. Fosforia tavataan harvemmin, ja se pidättyy paremmin maaperän mineraaleihin, kuten kalsiumiin, rautaan ja alumiiniin, esimerkiksi saostumisen tai kemiallisen adsorption kautta.

Pitt ym. (1999, 223–226, 229) mainitsevat myös yleisinä epäpuhtauksina hyönteismyrkyt sekä erinäiset orgaaniset yhdisteet, joita pääsee maahan mm. liikenteen ja teollisuuden mukana. Virusten ja bakteerien pääsyn pohjaveteen kerrotaan helpottuvan, mikäli veden pinta on lähellä maan pintaa. Metallit puolestaan ovat yleensä hyvin heikosti liukenevia normaalissa pH:ssa, joten niitä voidaan usein kerätä tavanomaisilla menetelmillä, kuten sedimentaatiolla. Esimerkiksi lumen sulattamisessa käytettävät suolat puolestaan tuottavat herkästi pohjaveteen joutuvaa natriumia ja kloridia.

Useimmiten teollisuusalueiden hulevedet käsitellään yksinkertaisesti johtamalla ne viemäroinnin tai avo-ojien avulla pois syntypaikaltaan. Näin pienennetään pohjaveden pilaantumisriskiä alueella, mutta toisaalta samalla lisätään pintavesien kuormitusta ja mahdollista purkupaikan eroosiota sekä estetään pohjavesivaranon uusiutuminen. Poisjohtamisen vaihtoehtona on imeyttäminen maaperään, mikä kuitenkin vaatii, että haitta-aineet saadaan pidättymään tehokkaasti väliaineeseen ennen niiden joutumista pohjaveteen. (Hätinen 2010, 2.)

Puhtaita kattovesiä voidaan imeyttää pohjavedeksi ilman käsittelytarvetta, kunhan maan läpäisykyvystä ja veden tilapäisestä noususta sateen ja sulamisen aikana tehdään arvio ja suunnitelmaan sisältyy esitys ylivuotoreiteistä hulevesijärjestelmään. Muiden kuin kattovesien tapauksessa pohjavesialueilla vaaditaan aina selvitys imeytettävän veden laadusta ja pintamaan puhdistuskyvystä. Lievästi likaantuneet hulevedet voidaan käsitellä biopidätysalueen avulla myös I- ja II-luokan pohjavesialueilla, jos puhdistustehoa lisätään esimerkiksi sopivalla pintamaalla tai muovikalvolla. (Suomen Kuntaliitto 2012, 82–83.)

Likaisten hulevesien imeyttäminen pohjavesialueella vaatii, että vesi esikäsitellään hiekan- ja öljynerotuskaivoissa ennen varsinaista käsittelyä, joka voi tapahtua vaikkapa biopidätysvyöhykkeellä. Esimerkiksi pääteiden varsilla on oltava myös pohjavesisuojaus, johon liittyy salaojaa pitkin tapahtuva puhdistetun veden poisjohtaminen herkän alueen ulkopuolelle. (Suomen Kuntaliitto 2012, 83.)

Pohjaveden laatua varjelee ympäristönsuojelulain (86/2000) 8 §:ssä mainittu pohjaveden pilaamiskielto. Vanhassa vesilaissa (264/1961, 1. luku, 18 §) mainittiin myös pohjaveden muuttamiskielto ja toisinaan nämä lait saattoivat muodostaa

keskenään ristiriidan (Suomen Kuntaliitto 2012, 123). Uudistetussa vesilaissa (587/2011) muuttamiskielto-sanaa ei mainita, mutta 3. luvun 2 §:ssä tehdään selväksi, että vesitaloushankkeella on oltava lupaviranomaisen lupa, mikäli hanke olennaisesti muuttaa pohjaveden laatua tai määrää ja heikentää pohjavesiesiintymän käyttökelpoisuutta.

## 5 HULEVESIIN LIITTYVÄÄ LAINSÄÄDÄNTÖÄ

### 5.1 Hulevedet Suomen lainsäädännössä

Suomessa pohjavesiä suojellaan tarkoin lainsäädännön keinoin, mikä rajoittaa käytettävissä olevien hulevedenkäsittelymenetelmien kirjoa jonkin verran. Periaatteessa imeyttäminen on riski pohjaveden laadulle, mutta toisaalta hulevesien kerääminen ja poisjohtaminen saattaa vähentää pohjavesien muodostumista merkittävästikin. Imeyttäminen voi olla mahdollista herkilläkin alueilla, mikäli huleveden puhtaus ja järjestelmän toimivuus voidaan varmistaa luotettavasti. (Suomen Kuntaliitto 2012, 25.)

Hulevesien käsittelyä säätelevät ennen kaikkea seuraavat lait (Suomen Kuntaliitto 2012, 26):

- maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999), lyh. MRL
- vesihuoltolaki (119/2001), lyh. VHL
- vesilaki (587/2011), lyh. VL
- laki tulvariskien hallinnasta (620/2010).

Muita aiheeseen liittyviä lakeja ovat Suomen Kuntaliiton (2012, 26) mukaan

- laki vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä eli vesienhoitolaki (1299/2004), lyh. VHJL
- ympäristönsuojelulaki (86/2000), lyh. YSL
- luonnonsuojelulaki (1096/1996), lyh. LSL
- laki kadun ja eräiden yleisten alueiden kunnossa ja puhtaanapidosta (669/1978), lyh. KatuL
- maantielaki (503/2005), lyh. MTL
- ratalaki (110/2007), lyh. RataL.

Suomen rakentamismääräyskokoelma sisältää lisäksi velvoittavia määräyksiä, joskin niiden ajantasaisuus on syytä varmentaa ennen käyttöön soveltamista (Suomen Kuntaliitto 2012, 26).

Alla on esitelty lyhyesti neljä lakia, joilla on Suomen Kuntaliiton (2012, 26) mukaan tärkein rooli hulevesiasioiden hallinnan järjestämisessä. Lakien sisältöä kuvaillaan sekä itse lakitekstin että yleistason yritystoimintaesimerkin pohjalta. Esimerkit on kirjoitettu lakitekstin pohjalta sitä itse tulkiten.

*Maankäyttö- ja rakennuslaki* (132/1999) liittyy alueiden käytön ja rakentamisen järjestämiseen. Sillä pyritään luomaan edellytykset hyvälle elinympäristölle ja kestäväälle kehitykselle. Ideana on myös turvata avoimuus, monipuolisuus ja jokaisen vaikuttamismahdollisuus asioiden käsittelyssä. Laissa ei suoraan mainita hulevesien käsittelyä, vaan se liikkuu yleisemmällä tasolla vaatien vesihuollon huomioimista kaavoituksessa ja rakentamisessa (14 §, 73 §, 117c §).

Yksittäisen yrityksen näkökulmasta maankäyttö- ja rakennuslaki tarkoittaa normaalia rakennuslupamenettelyä uutta rakentaessa. Esimerkiksi soranotto ja maa-ainesten hyödyntäminen tuotannossa on soranottoluvan alaista toimintaa.

*Vesihuoltolain* (119/2001) tarkoitus on turvata kohtuullisin kustannuksin vesihuolto, johon sisältyy sekä moitteettoman talousveden saamisen turvaaminen että terveyden ja ympäristönsuojelun kannalta asianmukainen viemäröinti. Viemäröinnillä tarkoitetaan laissa jäte-, hule- ja kuivatusvesien poisjohtamista ja käsittelyä.

Erään tulkinnan mukaan yksittäisen yrityksen kannalta vesihuoltolain tarkoittama kustannusten kohtuullisuus voi liittyä etenkin piha-alueiden pinnoittamisvaatimukseen ja siitä seuraavaan huleveden määrän lisääntymiseen. Näistä aiheutuvat kustannukset voivat nousta liian suuriksi yritykselle, sillä ne saattavat vaatia useamman vuoden tuoton verran rahaa, vaikka toimenpiteillä ei välttämättä saavuteta selkeää hyötyä asian parantamiseksi.

*Vesilaki* (587/2011) pyrkii muun muassa järjestämään vesivarojen ja -ympäristön käyttöä niin, että se on yhteiskunnallisesti, taloudellisesti ja ekologisesti kestävä. Myös käytöstä syntyvien haittojen ehkäisy kuuluu vesilain tavoitteisiin.

Vesilakia voi tulkita esimerkiksi tilanteessa, jossa teollisuusyrityksen tuotannossa tarvitaan niin suuria vesimääriä, ettei kunnallistekniikan tarjoama vesiliitäntä pysty tuottamaan hetkellisesti tarvittavaa määrää. Tällöin yritykset voivat sopivalla omalla vedenottamalla tasata veden tarvettaan. Tämä on vesilain alaista toimintaa ja sitä usein rajoitetaan vedenottomääräyksillä. Tarkkoja hulevesiohjeita vesilaki ei anna. Sen sijaan se keskittyy laajempiin vesihuoltokokonaisuuksiin.

*Laki tulvariskien hallinnasta* (620/2010) keskittyy nimensä mukaisesti tulvariskien vähentämiseen. Tarkoituksena on etenkin riskien hallinnan yhteensovittaminen vesivarojen kestävästä käytöstä ja suojelun tarpeen kanssa.

Yrityksen kannalta laki tulvariskien hallinnasta vaatii esimerkiksi hyväksyttävän hulevesisuunnitelman laatimista ja hulevesiratkaisun yhteensopivuutta kunnallisen viemäroinnin kanssa. Hyväksynnän tekee ympäristöluvan myöntäjä, joka voi olla esimerkiksi kunnan ympäristötoimi. Suunnitelmassa käytettyjen vesimäärien ja rakenteiden mitoitusten tulee olla oikeanlaiset. Lisäksi tulee selvittää, millaisia mahdollisuuksia on vähentää syntyvän huleveden määrää esimerkiksi käsittelemällä sitä jo syntypaikallaan.

## 5.2 Lainsäädännön asettamia vastuita

### Kiinteistön omistajan vastuut

Vesihuoltolain (119/2001, 6 §) mukaan ensisijainen vastuu kiinteistön vesihuollosta on kiinteistön omistajalla tai haltijalla. Vesihuollosta huolehtiminen sisältää myös vaatimuksen hulevesien käsittelystä tai poisjohtamisesta (Suomen Kuntaliitto 2012, 32.) Vesihuoltolaitoksen toiminta-alueella liittyminen vesijohtoverkkoon ja viemäriin on pääsääntöisesti pakollista. Viemäriin ei kuitenkaan ole velvollisuutta liittyä hulevesien ja perustusten kuivatusveden poisjohtamiseksi, mikäli alueella ei ole erillistä verkostoa tarkoitusta varten ja kiinteistön hulevesi ja perustusten kuivatusvesi voidaan poistaa muutoin asianmukaisesti. (Vesihuoltolaki 119/2001, 10 §.)

Liittyessään vesihuoltolaitoksen verkostoon kiinteistö vastaa itse vesihuoltolaitteiston rakentamisesta liittämiskohtaan saakka. Laitteiston on oltava yhteensopiva verkoston kanssa, eikä sen käytöstä saa koitua haittaa tai vaaraa verkoston laitteis-

tolle tai ympäristölle. Vesihuoltolaitoksen edustaja tarkistaa kiinteistön laitteiston toimivuuden. (Vesihuoltolaki 119/2001, 13 §.)

Ympäristöministeriön (2007, 28–29) laatima valtakunnallinen rakentamismääräyskokoelma vaatii, että kestävä, jäätymätön ja puhdistusaukoin varustettu sadevesiviemäri pyritään sijoittamaan paikkaan, jossa sen korjaaminen tai vaihtaminen onnistuu kätevästi. Sen tulee myös kestää maaperässä olemisen asettamat rasitukset aiheuttamatta haittaa ja pystyä vastaanottamaan mitoitussadetta vastaava virtaama tulvimatta.

Vapautuksen liittämisvelvollisuudesta vesijohtoon tai viemäriin voi saada kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselta, kunhan kiinteistön omistajan lisäksi ELY-keskukselle ja vesihuoltolaitokselle tarjotaan mahdollisuus tulla kuulluiksi asiassa ja terveydensuojeluviranomainen antaa asiasta lausunnon. Vapautukseen oikeuttavia syitä ovat esimerkiksi liittämisestä aiheutuvien kulujen kohtuuttomuus tai vesilaitoksen palvelujen vähäinen tarve kiinteistölle. Vapautuksesta ei saa aiheutua haittaa alueen vesihuollolle, minkä lisäksi kiinteistön on kyettävä käsittelemään oma jäte- ja hulevetensä asianmukaisesti muilla keinoin. (Vesihuoltolaki 119/2001, 11 §.)

#### Vesihuoltolaitoksen vastuut

Vesihuoltolaitos on vastuussa oman toiminta-alueensa vesihuollosta (Vesihuoltolaki 119/2001, 9 §). Tähän sisältyy esimerkiksi velvollisuus suunnitella, rakentaa ja pitää kunnossa tarvittavat hulevesiviemärit, jotta hulevesien käsittely ja poisjohdaminen onnistuu toiminta-alueella kunnan päätösten mukaisesti (Suomen Kuntaliitto 2012, 33). Vesihuoltolaitoksen on varmistettava, että kullekin hulevesiverkostoon liittyvälle kiinteistölle määrätään liittämiskohta, joka sijaitsee kiinteistön välittömässä läheisyydessä. Vesihuoltolaissa määrätään vesihuoltolaitoksen tehtäviin kuuluvaksi myös kiinteistöille toimitettavan talousveden laadusta huolehtiminen sekä raakaveden määrän, laadun ja hävikin tarkkaileminen. (Vesihuoltolaki 119/2001, 12 §, 14–15 §.)

Toimintaansa varten vesihuoltolaitos perii asiakkailtaan maksuja, joiden perusteista sen on tiedotettava riittävän selkeästi (Vesihuoltolaki 119/2001, 16 §). Maksujen tulee kattaa laitoksen investoinnit ja kustannukset pitkällä aikavälillä, mutta



olla kuitenkin kohtuullisia ja tasapuolisia. Mainitaan myös, että ”maksujen tulee tarpeen mukaan olla sellaiset, että ne edistävät veden säästäväistä käyttöä ja jäteveden määrän vähentämistä sekä ehkäisevät haitallisten aineiden johtamista viemäriin”. (18 §.)

#### Kunnan vastuut

Yleinen vastuu hulevesikysymyksistä taajamissa kuuluu maankäyttö- ja rakennuslain sekä eduskunnan ympäristövaliokunnan mukaan kunnalle (Suomen Kuntaliitto 2012, 26). Myös vesihuoltolain mukaan kunnan vastuisiin kuuluu etenkin vesihuollon yleinen kehittäminen yhdyskuntakehitystä vastaavasti. Yhteistyössä vesihuoltolaitoksen ja muiden kuntien kanssa tehtävän suunnittelutyön tavoitteena on laatia ajantasaisia vesihuollon kehittämissuunnitelmia erityisesti asemakaavoituille ja ympäristönsuojelulain 19 §:n mukaisten määräysten alaisille alueille. (Vesihuoltolaki 119/2001, 5 §.) Ympäristönsuojelulain (86/2000) 19 §:ssä tarkennetaan, millaisia aiheita kunnan antamat ympäristönsuojelumääräykset voivat koskea.

Kunta voi antaa hulevesiin liittyviä määräyksiä esimerkiksi asemakaavoituksen ja tonttien maankäyttösopimusten kautta (Suomen Kuntaliitto 2012, 26). Hulevedenhallinnan peruskysymysten lisäksi kuntien tehtäviin kuuluu edistää luonnon- ja maisemansuojelua alueellaan (Luonnonsuojelulaki 1096/1996, 6 §) sekä huolehtia hulevesien tulvariskien arvioinnista ja niiden hallinnan suunnittelusta (Laki tulvariskien hallinnasta 620/2010, 5 §, 19 §). Kunnan roolia hulevesiasioissa aiotaan selkeyttää tulevassa vesihuoltolain tarkistuksessa (Suomen Kuntaliitto 2012, 34).

Vesihuoltolain (119/2001, 4 §) määrittäminä viranomaisina toimivat Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen (ELY) ohella kunnan ympäristönsuojeluviranomainen ja terveydensuojeluviranomainen. Nämä tahot voivat sakon uhalla kieltää esimerkiksi vesihuoltolaitosta tai kiinteistön omistajaa jatkamasta vesihuoltolain vastaista toimintaa. Kunnalle itselleen voi antaa kieltoja ja määräyksiä vain ELY-keskus. (Suomen Kuntaliitto 2012, 36.)

## ELY-keskuksen vastuut

Suomessa on yhteensä 15 ELY-keskusta (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2013). Niille on määrätty lukuisia tehtäviä, joihin sisältyy myös vesivarojen käyttö ja hoito. ELY-keskus ohjaa kunnan alueiden käytön suunnittelua ja varmistaa, että se vastaa valtakunnallisia alueidenkäyttötavoitteita sekä maankäyttö- ja rakennuslakia. (Suomen Kuntaliitto 2012, 37.) Keskusten toimintaa ja tehtäviä säätelee laki elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksista (897/2009).

Omalla alueellaan ELY-keskuksen vastuulla on valvoa vesilain ja ympäristönsuojelulain noudattamista. Tarvittaessa keskuksella on valtuudet antaa kunnalle määräys ryhtyä toimiin esimerkiksi vesihuoltolaitoksen perustamisesta, mikäli tällainen lakisääteinen velvollisuus on lyöty laimin. Yhteistyössä Suomen ympäristökeskuksen kanssa ELY-keskukset ylläpitävät tietojärjestelmiä muun muassa tulvariskien hallintasuunnitelmista sekä ympäristönsuojelusta. (Suomen Kuntaliitto 2012, 38.)

## Muiden tahojen vastuuta

*Aluehallintovirasto* (AVI) vastaa esimerkiksi lupa- ja hakemusasioista tapauksissa, joissa mahdolliset ympäristövaikutukset ovat erittäin merkittävät. Tällaisia tapauksia on lueteltu ympäristönsuojeluasetuksen 5 §:ssä. AVI myös tukee kunnan ympäristönsuojeluviranomaista oman alansa asioissa. (Suomen Kuntaliitto 2012, 38.)

Ylintä päätösvaltaa käyttää Suomessa *valtioneuvosto*, joka esimerkiksi hyväksyy vesienhoitosuunnitelmat, kuten vesienhoitolain 17 §:ssä on määritelty. Muuten hulevesiasioita seuraavat Maa- ja metsätalousministeriö sekä Ympäristöministeriö, jotka vastaavat asiaan liittyvien lakien alaisen toiminnan ohjauksesta ja kehittämisestä yleisellä tasolla.

*Suomen ympäristökeskus* (SYKE) toimii lähinnä hulevesiasioiden asiantuntijana hallinnossa ja käsittelymenetelmien kehittäjänä. Häätötilanteissa pelastustoiminta on *alueellisen pelastuslaitoksen* vastuulla pelastuslain 379/2011 mukaisesti. (Suomen Kuntaliitto 2012, 39.)

## 6 TUTKIMUSKOHDDE

### 6.1 Rakennusbetoni- ja Elementti Oy:n esittely

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan Hollolassa sijaitsevan Rakennusbetoni- ja Elementti Oy:n hulevesien käsittelyä. Yritys jalostaa kiviainesta betonituotteiksi ja on osa konsernia, johon kuuluvat myös Hollolan Sora Oy ja Mikrobetoni Oy. Koko konsernin liikevaihto vuoden 2012 tilikaudella oli 15 miljoonaa euroa ja sen palveluksessa on 80 henkilöä, minkä lisäksi verkostojen yhteistyöyritykset työllistävät noin 120 henkilöä. Konsernin yritykset valmistavat erilaisia betonipohjaisia tuotteita, kuten ACO-seinäelementtejä, Karantia-väestönsuojia ja HarkkoBlock-harkkoelementtejä. Lisäksi tuotetaan pihakiviä, muottiharkkoja, valmisbetonia ja kiviaineita. (Rakennusbetoni- ja Elementti Oy 2013a, 1–2.)

Kohdeyritys sijaitsee Hollolassa Kukonkoivun teollisuusalueella, jossa se on toiminut vuodesta 1966 (Rakennusbetoni- ja Elementti Oy 2013a, 2). Teollisuusalue kuuluu valtakunnallisesti merkittävän Kukonkoivu-Hatsinan pohjavesialueen piiriin. Pohjavesialueen antoisuuden on arvioitu olevan noin 44 000 m<sup>3</sup> vettä vuorokaudessa. (Lahti Aqua 2013.) Pohjavesialue on laadultaan I-luokkaa, ja yrityksen tontti sijaitsee veden muodostumisalueella (Lahden seudun ympäristölautakunta 2006, 2).

Kiinteistön käyttämä prosessivesi pumpataan omasta kaivosta, ja betonitehtaan toiminnot käyttävät vettä vuosittain tuhansia kuutioita. Esimerkiksi laitteiston puhdistamisesta syntyviä betonisia pesuvesiä hyödynnetään uudelleen tuotannossa, kunhan ne on puhdistettu betonipesurilla, joka on ollut käytössä vuodesta 2000. Keittiössä sekä toimisto- ja sosiaalituloissa syntyvä jätevesi johdetaan kunnalliseen jätevesiviemäriin. (Lahden seudun ympäristölautakunta 2006, 4.) Keittiön ja sosiaalitulojen käyttövesi on peräisin kunnallisesta verkostosta. Muuta viemärintiä tontilla ei yrityksen suullisen kertoman mukaan ole, vaan sadevedet imeytyvät pääosin maaperään.

Maaperän kannalta pilaantumiseriskiä aiheuttavat varastoitavat öljytuotteet, mutta vahinkojen todennäköisyyttä pienennetään säilyttämällä polttoaineet katetussa, suoja-altaalla varustetussa tilassa, jossa myös työkoneiden tankkaus tapahtuu.

Yrityksen kahdessa polttoainesäiliössä on myös ylitäytönestimet. Ilmapäästöistä merkittävin on maaperän pölyäminen, jota hillitään kastelemalla maaperää ja rajoittamalla liikenteen nopeutta tontilla. Varsinaisessa tehdaslaitteistossa on pölynpoistolaitteistot. Yleisesti poikkeustapauksiin on varauduttu riskienhallintaohjelmalla ja pelastussuunnitelmalla. (Lahden seudun ympäristölautakunta 2006, 4–7.)

Pohjavesiä suojellakseen yritys tarkkailee pohjaveden pinnan korkeutta ja laatua useista mittauspisteistä vuosittain. Rakennusbetoni- ja Elementti Oy:n betonituotetehtaalalle on päivitetty ympäristölupa vuonna 2006. (Rakennusbetoni- ja Elementti Oy 2013a, 7.) Lupaan liittyy vaatimus antaa valvoville viranomaisille vuosittainen selvitys mm. melun ja pölyn torjunnasta, energiankulutuksesta, jätemääristä, pohjavesien tarkkailusta sekä vahinkoihin varautumisesta. (Rakennusbetoni- ja Elementti Oy 2013b.)

Lahden seudun ympäristölautakunnan (2006, 7–8) Hollolan kuntajaoston myöntämässä ympäristöluvassa Hämeen ympäristökeskus (nykyinen ELY-keskus) mainitsi lausunnossaan muun muassa että ”laitosalueen liikenne- ja pysäköintialueet on päällystettävä ja sadevesiviemärit ja niiltä kertyvät vedet on johdettava pohjavesialueen ulkopuolelle”. Lausunnon ohella ympäristölupaan sisältyy myös yrityksen vastine, jossa Rakennusbetoni- ja Elementti Oy katsoo, että tämän vaatimuksen täysimittainen toteuttaminen edellyttäisi kunnallisen hulevesiverkoston rakentamista.

Hollolan kuntajaoston lopulta tekemän ratkaisun 8. lupamääräyksessä todetaan, että ”toiminnanharjoittajan on selvitettävä laitosalueen liikenne- ja pysäköintialueiden johtamismahdollisuus kunnan sadevesiviemäriin”. Samassa kohdassa viitataan ympäristönsuojelulain 8 §:ään eli pohjaveden pilaamiskieltoon. (Lahden seudun ympäristölautakunta 2006, 9.) Lisäksi kaavamääräykset osoittavat, että mikäli vesiensuojeluviranomainen niin vaatii, pysäköinti- ja lastausalueet on päällystettävä ja niiltä kertyvät vedet on ohjattava kulkemaan öljynerotuskaivon kautta ennen maahan tai pintavesiin johtamista (Rakennusbetoni- ja Elementti Oy 2012a).

## 6.2 Kohdetontin erityispiirteet

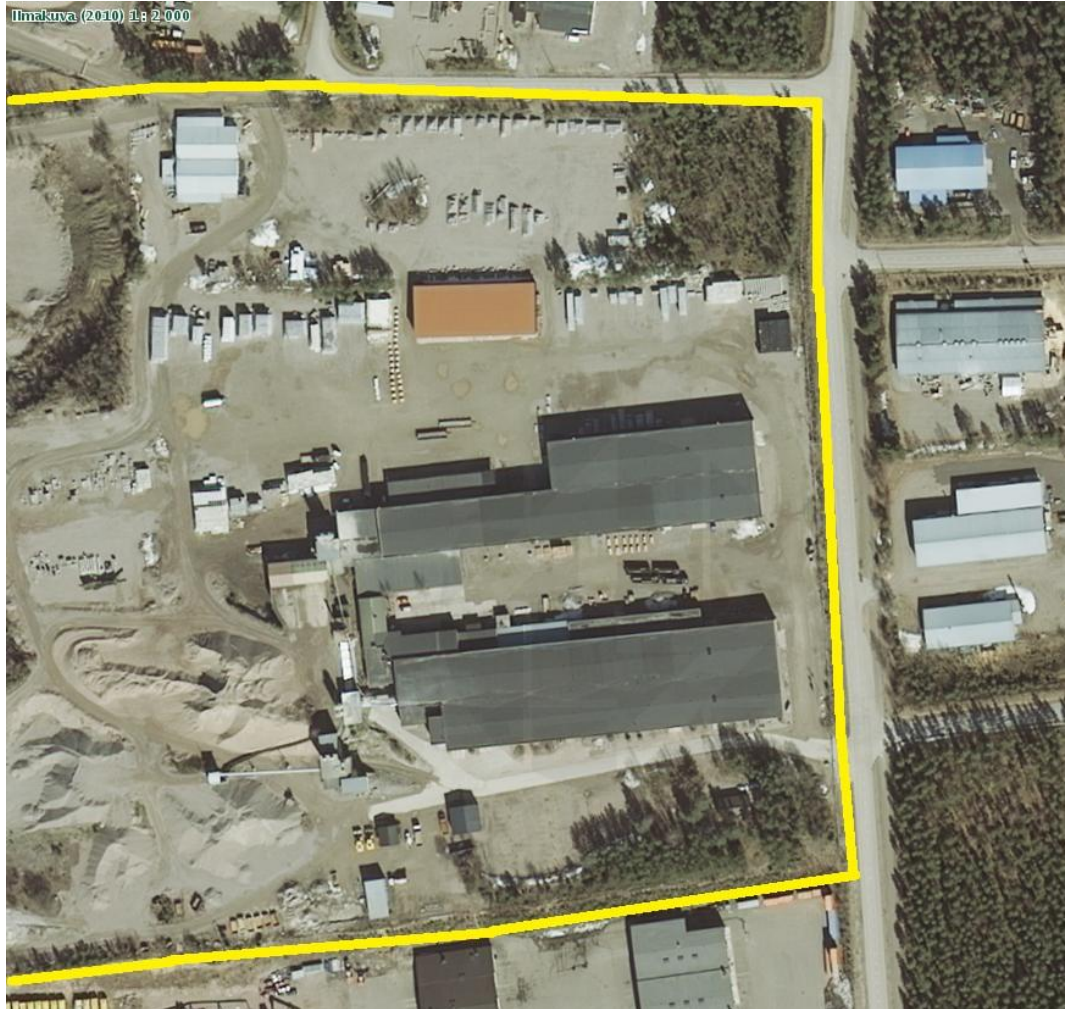
Hollolan Kukonkoivun teollisuusalue sijaitsee lähellä valtatie 12:ta noin viisi kilometriä Salpakankaan keskustasta länteen. Teollisuusalueen koko laajuus on yhteensä noin 105, hehtaaria ja sen rakennuskanta keskittyy sen eteläisiin osiin. Maaperältään Kukonkoivu on hiekkaa ja soraa, joka on erittäin hyvin vettä läpäisevää. (Taipale 2011, 2–3.)

Rakennusbetoni- ja Elementti Oy:n tontti rajoittuu idässä Kukonkankaantiehen, etelässä toisen yrityksen tonttiin ja pohjoisessa Kivimyllärintiehen. Heti tontin länsipuolella sijaitsevat yrityksen omat maa-ainestenottoalueet. Tässä opinnäytetyössä sorakuopasta huomioidaan vain sen itäisin reuna sikäli kun se liittyy piha-alueiden hulevesien käsittelyyn. Koko maa-ainestenottoalueen ja tehdasalueen yhteenlaskettu pinta-ala on noin 60 ha (Rakennusbetoni- ja Elementti Oy 2012b).

Piha-alueiden pinta-ala on yhteensä noin 12 hehtaaria, josta vain 1500 m<sup>2</sup> on nykyisellään asfaltoitu (Rakennusbetoni- ja Elementti Oy 2012a). Tontin rakennusten kattopinta-ala on yhteensä noin 16 700 m<sup>2</sup>, josta suurin osa koostuu kahdesta tuotantohallista. Hallien ohella kattopinta-alaa lisäävät tontin pohjoisosassa olevat varastointikatokset, joiden yhteenlaskettu kattoala on lähes 3000 m<sup>2</sup>. (Hallikainen 2011.)

Tontin etelälaidalla sijaitsee yrityksen henkilökunnan pysäköintialue, jonka pinta-ala on noin 2200 m<sup>2</sup>. Pysäköintialueen itäpuolella on pieni metsikkö, jossa sijaitsee myös talonmiehen omakotitalo. Toinen pieni metsäalue löytyy tontin koilliskulmasta varastokatosten takaa, Kukonkankaantien ja Kivimyllärintien risteyksestä. (Hallikainen 2011.) Karttakuva piha-alueista on esitetty kuviossa 6 ja ilmakuva kuvassa 4.





KUVA 4. Rakennusbetoni- ja Elementti Oy:n tontin ilmakuva, johon on korostettu tontin rajat. Kuvassa näkyy myös varastointikatosten pohjoispuolella oleva alue, joka puuttuu kuvion 6 karttakuvasta. Ilmakuvasta puuttuu itäisempi varastointikatos, joka on piirretty karttakuvaan. (Muokattu lähteestä Maanmittauslaitos 2010.)

Tontin maanpinnan korkovaihtelut mahtuvat metrin sisään. Piha-alueen pintojen kaadot johtavat pääasiassa etelään ja itään päin, jolloin pintaa myöten kulkeutuva vesi johtuu lastausalueella ja välipihalla luonnostaan kohti rakennusten seiniä ja lopulta kaakkoiskulman pieneen metsikköön. Tontin matalin kohta on etelälaidan pysäköintialue, jonka on myös käytännössä huomattu olevan erittäin altis lätäköitymään sateiden aikana. (Hallikainen 2011.)

Nykyisin suurin osa piha-alueesta on hiekkapintaista, sillä 12 hehtaarin kokonaisalasta vain 1500 m<sup>2</sup> on asfaltoitu. Lisäksi pieni osa pihasta on laatoitettu. Hiekkapinnan läpäisevyydestä huolimatta selvästi havaittavaa lätäköitymistä tapahtuu käytännössä koko pihan alueella sateiden aikana ja etenkin keväisin sulamisvesien myötä. (Rakennusbetoni- ja Elementti Oy 2012b.)

Tontin alla on 24 metrin paksuinen sorapatja, jonka raekoko on välillä 0–70 mm. Salpausselille ominaiseen tapaan hiekka- ja sorakerrostumat ovat alueella kerroksittain. Betoniteollisuudella on yleensä maaperään alkalisoiiva (emäksisyyttä lisäävä) vaikutus, mutta toisaalta Kukonkoivun tontilla maaperä on luonnostaan hapan. (Rakennusbetoni- ja Elementti Oy 2012b.)

Tontin lähetyvillä ei ole pintavesistöjä, mutta se sijaitsee laajalla ensimmäisen luokan pohjavesialueella, mikä vaikuttaa hulevesien hallintaan tontilla. Pohjavesi on noin 25 metrin syvyydessä ja virtaa kaakkoa kohti. Ulkopuolinen taho ottaa pohjavedestä näytteitä kerran vuodessa ja yritys tarkkailee pohjaveden tilaa, kuten sille myönnettyssä ympäristöluvassa vaaditaan. (Rakennusbetoni- ja Elementti Oy 2012b.)

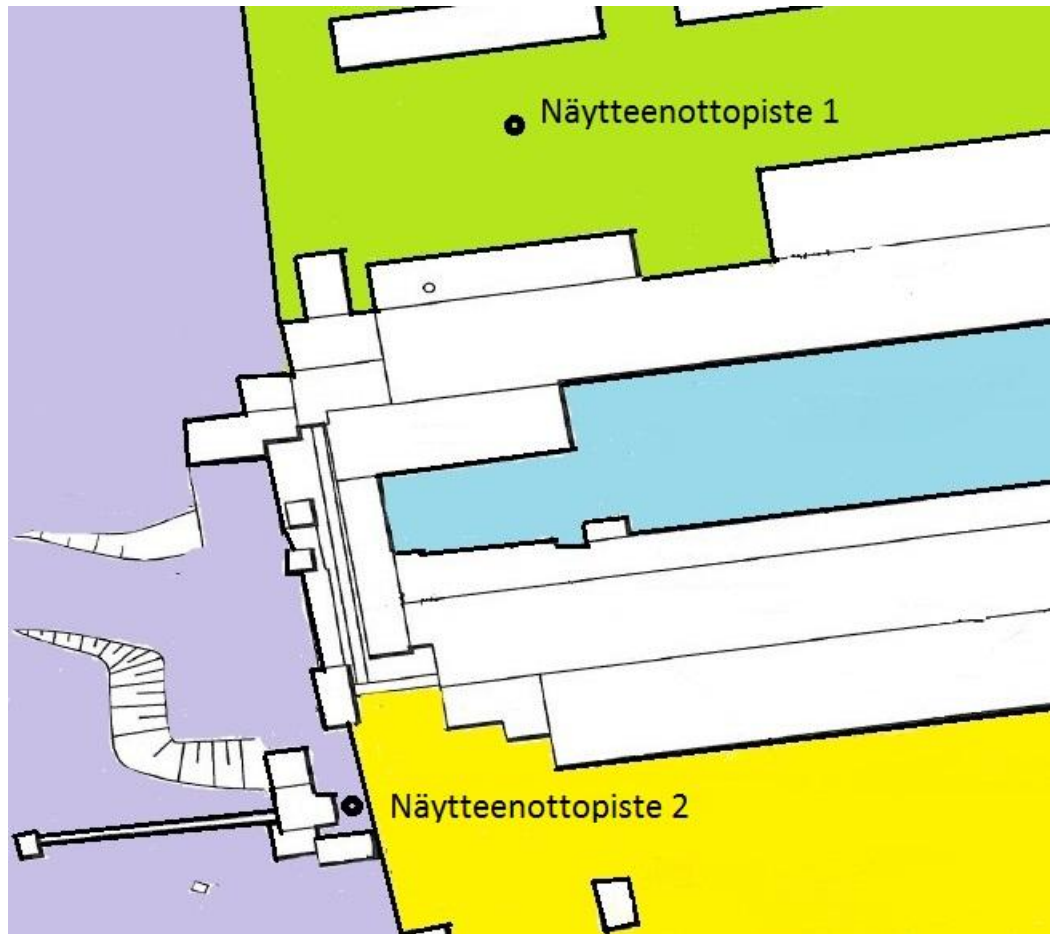
Merkittävä seikka koko alueen hulevesien hallinnassa on kunnallisen sadevesiviemäriin puute. Rakennusbetoni- ja Elementti Oy:n antamien suullisten tietojen mukaan vanha viemäri on jo nykyisellään ylikuormitettu, joten siihen liittyminen ei tule kysymykseen, mutta uuttakaan viemäriä ei tiettävästi olla rakentamassa ainakaan lähiaikoina. Hulevedet on silti käsiteltävä tavalla tai toisella jo sitä ennen, joten vaihtoehtoisten menetelmien suunnittelu ja hyödyntäminen on yritykselle ajankohtainen aihe.

Rakennusbetoni- ja Elementti Oy:n tontilla on suoritettu haitta-ainepitoisuuksien mittauksia Euroopan aluekehitysrahaston rahoittaman STORMWATER-hankkeen yhteydessä vuonna 2009. Osa mittausten tuloksista on esitetty taulukoituina liitteessä 1. Rakennusbetonin tontilla mittauspisteet olivat lastausalueen pihamaalla ja sementtisiilon alapuolella mittaussyvyyden ollessa välillä 0–0,8 m. (Hätinen 2010, 3, 21, 23.)

Tuloksista (Hätinen 2010, 32) huomataan esimerkiksi, että kyseisissä mittauspisteissä yrityksen tontin pH-arvot olivat korkeita (noin 11–11,4) verrattuna muihin



lähialueen teollisuustonttien arvoihin, jotka olivat välillä 5,2–6,7. Tämä on ymmärrettävää esimerkiksi EPA:n (2006, 3) tietojen valossa, joiden mukaan useat betonialan laitoksen toiminnot voivat nostaa pH:ta (ks. taulukko 2). Korkea pH selittyy osin kuitenkin myös toisen mittauspisteen sijainnilla heti betoniaseman vieressä. Näytteenottoaikat on esitetty alla kuviossa 7.



KUVIO 7. STORMWATER-hankkeessa käytetyt näytteenottoaikat kohdetontilla (Hätinen 2010, 23; Rakennusbetoni- ja Elementti Oy:n antamat suulliset tiedot 2013)

PIMA-asetus eli valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista (214/2007) esittää kynnys- ja ohjearvoja erinäisille haitta-aineille. Yrityksen tontilla kaikkien analysoitujen raskasmetallien pitoisuudet olivat selkeästi PIMA-kynnysarvoja matalammat. Sinkin pitoisuudet olivat selvästi

korkeimmat (vaihteluväli 38–49 mg/kg ka), kun taas muiden metallien pitoisuudet jäivät kaikki alle 20:een samoilla yksiköillä ilmaistuna. Myös öljyhiilivetyjen pitoisuudet alittivat PIMA-kynnysarvot. Orgaanisten yhdisteiden osalta mittaustulokset olivat niin ikään kaikkien analysoitujen aineiden osalta hyvin pieniä, alle määritysrajan. (Hätinen 2012, 33–34, 36, 64–65.)

### 6.3 Riskikartoitus kiinteistön nykytilanteessa

Tiedetään, että pihan pinnoittamatta jättäminen suurentaa pohjaveden saastumisriskiä ja nykytilanteessa kiinteistön pihat ovat erittäin hyvin vettä läpäiseviä. Siksi on suotavaa tehdä pihalle riskikartoitus mahdollisen haitta-ainevuodon varalta, jotta saadaan selville, kuinka kauan vuodolta kestäisi saavuttaa pohjaveden taso maan alla. Kohdeyrityksen maaperä on hiekkavaltaista soraa, jossa pohjaveteen on matkaa noin 25 metriä (Lahden seudun ympäristölautakunta 2006, 2).

Mahdollisia vuotavia aineita ovat työkoneiden hydraulikka- ja moottoriöljyt, jäähdytysnesteet sekä dieselpolttoaine, joita on myös alueella liikennöivissä raskaissa ajoneuvoissa. Yrityksen antamien suullisten tietojen mukaan tontilla käsiteltävät kemikaalit sen sijaan ovat erillispaketoituja ja niiden käyttö tapahtuu sisätiloissa. Tämän riskikartoituksen laskelmissa keskitytään nimenomaan työkoneiden erilaisiin öljyihin. Henkilöautojen bensiini- ja muiden pienpäästöjen oletetaan tapahtuvan vain pysäköintialueella, jossa on erillinen suojaus vaaratilanteita varten.

Suotautumisnopeuksia  $v_s$  (yksikkönä m/s) maaperässä voidaan arvioida alla olevalla kaavalla (Halmemies, Gröndahl, Nenonen & Tuhkanen 2003, 455):

$$v_s = (\mathbf{K} \cdot \mathbf{g}) / (\mathbf{v} \cdot \mathbf{i}) / (\mathbf{\theta} - \mathbf{R}) \quad (\text{Kaava 4})$$

jossa  $K$  = maaperän hydraulinen läpäisevyys [ $\text{m}^2$ ], vrt. 1 darcy =  $10^{-12} \text{ m}^2$

$g$  =  $9,81 \text{ m/s}^2$ , maapallon vetovoiman kiihtyvyys

$v$  = nesteen viskositeetti [ $\text{m}^2/\text{s}$ ]

$i$  = gradientti, laaduton (pystysuoralle suotautumiselle 1)

$\theta$  = maaperän huokoisuus, laaduton

$R$  = maaperän pidätyskyky [ $m^3/m^3$ ].

Kun oletetaan, että suotautuminen tapahtuu suoraan alaspäin, suotautumissyvyyttä  $h$  (yksikkönä m) voidaan arvioida karkeasti seuraavalla kaavalla (Halmemies ym. 2003, 455–456):

$$h = V / (A \cdot R \cdot f) \quad (\text{Kaava 5})$$

jossa  $V$  = vuodon tilavuus [ $m^3$ ]

$A$  = vuodon pinta-ala [ $m^2$ ]

$R$  = maaperän pidätyskyky [ $m^3/m^3$ ]

$f$  = vuotaneen kemikaalin viskositeettitekijä, laaduton.

Kaava osoittaa (ks. liite 2), että mahdollisten vuotojen arvioitujen tilavuuksien ja pinta-alojen perusteella soramaa ei todennäköisesti pysty pidättämään alaspäin suotautuvaa haitta-ainetta riittävän nopeasti ennen kuin se saavuttaa pohjaveden, joten varotoimet päästöjen ehkäisemiseksi ovat kohdetontilla erityisen tärkeitä.

Taulukossa 1 on esitetty kaavan 4 avulla laskettuja arvioita ajasta, jonka kuluessa eri haitta-aineet saavuttavat 24 m:n syvyydellä sijaitsevan pohjaveden soramaaperässä. Suotautuminen oletettiin pystysuoraksi. Tulokset on saatu laskemalla ensin suotautumisnopeus kullekin haitta-aineelle ja jakamalla sitten etäisyys (24 m) saadulla nopeudella. Tarkempia laskelmia ja kaavojen 4 ja 5 tekijöiden kirjallisuusarvoja on esitetty liitteessä 2.

TAULUKKO 1: Eri haitta-aineiden suotautumisnopeus soramaaperässä sekä aika, jonka kuluessa päästö saavuttaa 24 metrin syvyydessä olevan pohjaveden.

	Suotautumisnopeus [mm/s]	Saavutusaika	
		[min]	[h]
Bensiini 95E10	52	7,7	0,13
Diesel, kesälaatu	9,5	42	0,7
Hydrauliikka 32	1,0	400	6,7
Dieselmoottoriöljy	0,37	1081	18
Pakkasneste, glykoli	1,8	222	3,7
Vesi	33	12	0,2

Erot johtuvat haitta-aineiden erilaisista viskositeeteista, sillä muut olosuhteet ovat kaikissa tarkastelluissa tapauksissa samat. Diesel oletettiin kesälaatuiseksi, sillä sitä käytetään yleisesti enemmän kesäaikaan, jolloin maapohja on sula. Talvilaa-  
dun diesel on viskositeetiltaan paljon pienempää eli se on juoksevampaa, joten se myös suotautuu maaperässä jopa puolta nopeammin. Laskelmat on tehty tontin tämänhetkisen tilanteen mukaan, eli mitään tiivistystä tai vuotosuojakatkoa ei ole huomioitu.

Taulukko 1 osoittaa, että vaikka vuodon sattuessa reagoitaisiin nopeasti, saattaa jo olla liian myöhäistä estää aineen pääseminen pohjaveden pinnan tasolle. Käytännössä voi olla, että työkoneen polttoainevuoto havaitaan vasta useiden tuntien päästä. Määrällisesti pienet vuodot näkyvät pohjavedessä yleensä vasta pidemmän ajan kuluttua, sillä maaperässä saattaa olla erilaisia tiiviimpiä kerroksia, jotka hidastavat epäpuhtauden kulkeutumista alaspäin.

Koska kohdetontti sijaitsee sekä pinta-alaltaan että vesimäärältään hyvin merkittävällä pohjavesialueella, pilaantuneen maan ja pohjaveden kunnostuskustannukset saattavat nousta erittäin korkeiksi. Kokonaiskustannusten tarkkaa summaa on mahdoton arvioida etukäteen, sillä se riippuu täysin onnettomuuden laajuudesta ja vakavuudesta.

#### 6.4 Betoniteollisuuden vaikutus huleveden laatuun

Betoni on maailman eniten valmistettu rakennusmateriaali ja siihen liittyvä teollisuus on kasvanut voimakkaasti etenkin 1930-luvun jälkeen (Betoni 2013a). Beto-

nin pääraaka-aineet ovat sementti, vesi ja runkoaine, joka sisältää erikokoisia kivirakeita. (Betoni 2013b.)

Sementtiä on betonista noin 8–16 painoprosenttia, eli noin 200–400 kg kuutiometrissä. Sitä valmistetaan kalkkikivestä, kvartsista ja savesta jauhamalla ja polttamalla 1450-asteisessa uunissa. Runkoainetta puolestaan on betonin tilavuudesta noin 70 %. Luonnonkivimateriaalin ohella runkoaineena voidaan käyttää myös murskattua betonia. Vesi voi olla tavallista juotavaksikin kelpavaa vettä, mutta esimerkiksi humuspitoinen järvivesi ei sovellu betonin valmistukseen. (Betoni 2013b.)

Varsinainen betonin kovettuminen perustuu veden ja sementtirakeiden väliseen reaktioon, jolloin syntyvän betonin ominaisuuksia voidaan tarpeen mukaan säädellä erilaisilla lisäaineilla ja runkoainevalinnoilla. Valaminen onnistuu parhaiten huoneenlämmössä, mutta on mahdollista myös pakkasessa tai veden alla. *Valmisbetonilla* tarkoitetaan betonimassaa, joka kuljetetaan säiliöautolla rakennustyömaalle valettavaksi, kun taas *elementit* on valettu valmiiksi jo tehtaalla ja voidaan työmaalla asentaa suoraan paikoilleen. (Betoni 2013b.)

Betoni itsessään on inertti materiaali, eli siitä ei mainittavasti liukene päästöjä veteen eikä maaperään. Testien mukaan orgaanisia aineita ei liukene yleensä lainkaan ja raskasmetallien kaltaisten epäorgaanistenkin aineiden jäämät ovat pieniä. Palamattomana materiaalina betoni ei myöskään palotilanteessa vapauta haitallisia aineita. Itse betonin valmistusvaihe ei tuota haitallisia päästöjä, vaikkakin esimerkiksi sementintuotannossa kuluu paljon energiaa ja vapautuu hiilidioksidia. (Betonteollisuus ry 2013, 6, 13, 18, 21.)

Mahdolliset haitta-ainepäästöt, joita saattaa päästä huleveteen betonialan laitoksesta, riippuvat esimerkiksi laitoksen maantieteellisestä sijainnista, maanpinnan muodoista, pinnoituksista, maaperän laadusta ja tontilla suoritettavista toiminnoista. Myös sadetapahtumien tyyppi, kesto ja voimakkuus voivat vaikuttaa mahdollisiin päästöihin. (EPA 2006, 2.)

Yhdysvaltain ympäristönsuojeluviraston EPA:n (2006, 3) mukaan betonituotteita valmistavasta laitoksesta saattaa päästä huleveteen joitakin haitta-aineita. Näistä osa on esitetty taulukossa 2.

TAULUKKO 2: Betonituotteita valmistavan yrityksen mahdollisia hulevesien haitta-aineita ja -tekijöitä. COD (*chemical oxygen demand*) tarkoittaa kemiallista hapenkulutusta. (Muokattu lähteestä EPA 2006, 3.)

Toiminto	Haitta-aineen lähteitä	Lisääntynyt parametri
Materiaalien varastointi	Runkoaines ja muut hienojakoiset kiviainekset	Kiintoaines, COD, pH
Materiaalin käsittely	Runkoaines, kiviainekset, mm. sementti- ja lentotuhkavuodot	Kiintoaines, COD, pH, lyijy, rauta, sinkki
Betonin sekoittaminen	Runkoaines-, sementti- ja sekoiteainevuodot	Kiintoaines, COD, pH, lyijy, rauta, sinkki
Betonituotteiden valanta	Betoni, runkoaines, teräsvahvikkeet, lateksitiivisteet	Kiintoaines, pH, öljy ja rasva, COD, biol. hapenkulutus
Laitteiden ja ajoneuvojen pesu	Runkoaineksen jäänteet, betoni, vedessä oleva öljy ja rasva	Kiintoaines, pH, COD, öljy ja rasva

Taulukossa 2 mainittujen vaikutusten lisäksi kaikille saman alan laitoksille tyypillisiä päästöjä aiheuttavat esimerkiksi ajoneuvojen ja laitteiston huoltotyöt. Mahdollisia ovat vaikkapa bensiini- tai dieselpäästöt ja maahan tai veteen joutuvat puhdistusaineet, liuottimet sekä öljyt. Niiden seurauksena on mahdollista, että muun muassa öljyn ja rasvan, COD:n ja pH:n arvot muuttuvat alueella. Tiettyjen metallien päästöt ovat myös mahdollisia; tällaisia ovat ainakin lyijy, rauta, sinkki, alumiini, kadmium ja kromi. (EPA 2006, 3.)

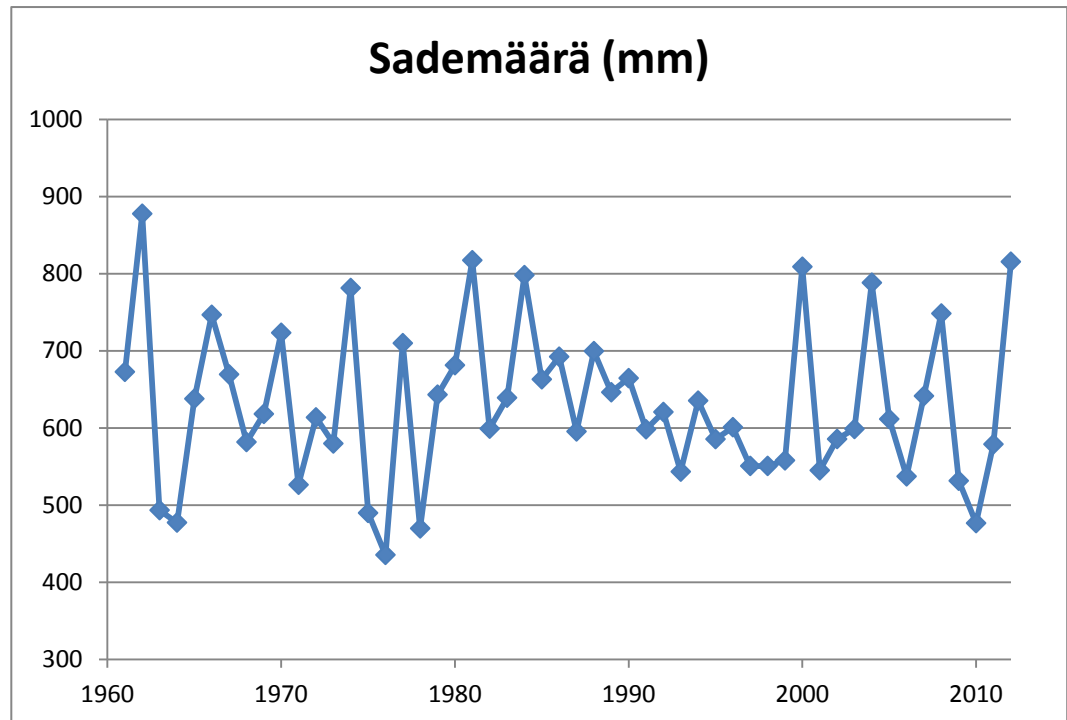
Ohjeistuksessaan betonialan yrityksille EPA (2006, 4–8) esittelee lukuisia erilaisia keinoja vähentää tai estää haitta-aineiden päätymistä huleveeteen. Esimerkiksi päällystettyjen alueiden pintojen lakaiseminen tai muuten nopea puhdistaminen voi ehkäistä pinnoilla olevien ainesten päätymistä huleveden mukaan. Muutenkin on tarkoituksenmukaista estää prosesseissa käytettävän aineksen tarpeetonta leviämistä kiinteistön alueelle mm. suojaamalla ja sulkemalla sen säilytyspaikat kunnolla. Ylipäänsä on tärkeää laatia selkeä protokolla, jonka mukaan yrityksen prosessit toteutetaan päivittäin jouhevasti välttämällä materiaalin turhaa hävikkä.

## 6.5 Taustatietoa kohdealueen sadannasta

Tämän opinnäytetyön mitoituslaskelmien pohjana on käytetty Ilmatieteen laitoksen (2013a) eteläisessä Lahdessa sijaitsevan Launeen mittausaseman keräämiä sademäärätietoja, jotka kertovat, kuinka monta millimetriä sadetta on tullut kunkin vuoden kunkin päivänä. Vaikka Laune ei sijaitse aivan Kukonkoivun teollisuusalueen tuntumassa, se on kuitenkin sääoloiltaan suunnilleen yhdenmukainen kohdealueen kanssa. Tilastojen valossa tarve kunnolliselle hulevesisuunnitelmalle korostuu entisestään, sillä sadeveden vuosittainen määrä on valtava.

Ilmatieteen laitoksen numeerisista tiedoista laadittiin kuvaajia, jotka on esitetty kuvioissa 8–11. Kuvaajien aineisto käsittää vuodet 1961–2012. Mitattuja päiviä oli yhteensä 19 129 kappaletta. Näistä täysin sateettomia oli 8787 kappaletta eli noin 46 %. (Ilmatieteen laitos 2013a.) Osassa kuvaajista huomioidaan vain päivät, jolloin satoi edes hieman vettä.

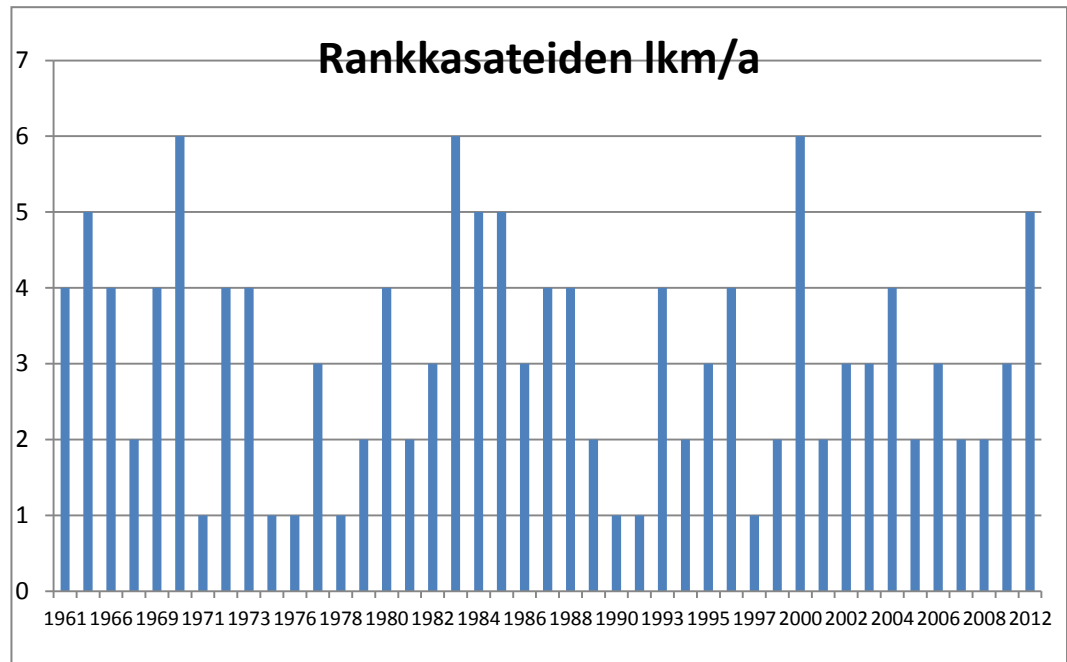
Kuvio 8 kertoo kunkin vuoden yhteenlasketun sademäärän koko mittausjakson ajalta. Kaikkein sateisin vuosi on ollut 1962 (sademäärä 877,6 mm), jonka lisäksi neljänä muunakin vuonna on tullut vettä yli 800 mm. Kuutena vuonna sademäärä on jäänyt alle 500 millimetriin; näistä kuivimmaksi vuodeksi erottuu vuosi 1976, jolloin vettä tuli 435,4 mm. (Ilmatieteen laitos 2013a.)



KUVIO 8. Vuosikohtaiset sademäärät millimetreinä vuosina 1961–2012 (pohjautuu lähteeseen Ilmatieteen laitos 2013a)

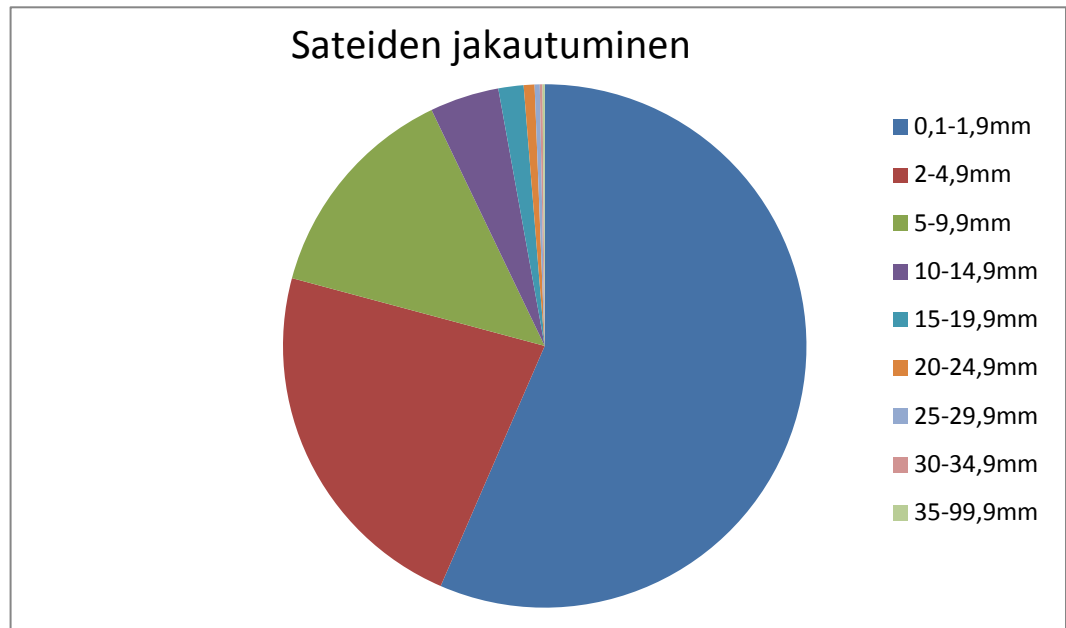
Kuvio 9 antaa viitteitä rankkojen sateiden yleisyydestä alueella. 52 vuoden mittausjaksossa on ollut 43 sellaista vuotta, joiden aikana vähintään yhtenä vuorokautena satoi 20 mm tai enemmän. Sellaisia vuosia, jolloin ei ollut vuorokauden mittaisia rankkasateita, oli siis vain 9 kappaletta. Rankkasadepäiviä on ollut enimmillään 6 kappaletta vuodessa. Tällaisia vuosia olivat 1970, 1983 ja 2000. (Ilmatieteen laitos 2013a.)





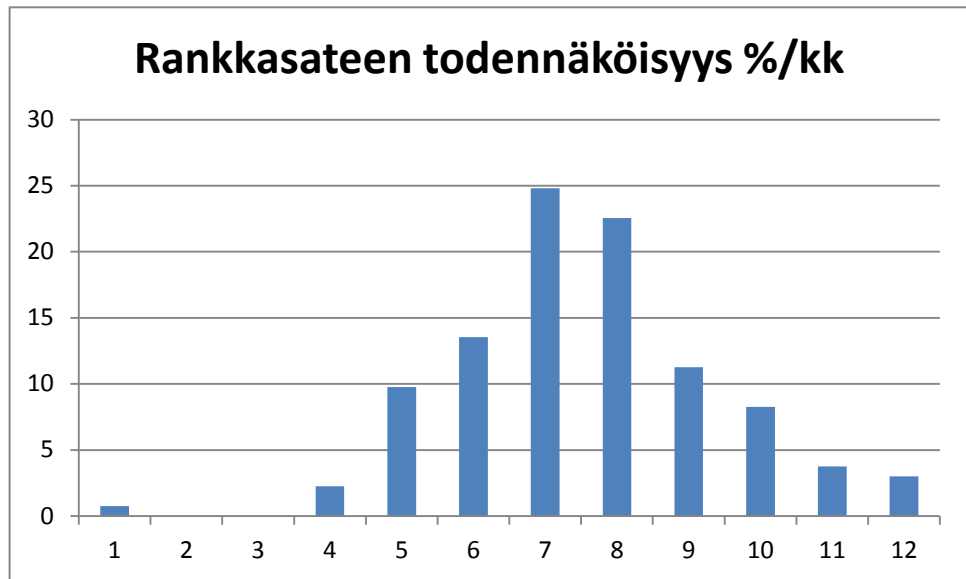
KUVIO 9. Rankkasateiden lukumäärä niinä vuosina, jolloin rankkasateita esiintyi vähintään kerran. Rankkasateilla tarkoitetaan tässä sellaisia päiviä, jolloin vuorokauden aikana satoi 20 mm tai enemmän. (Pohjautuu lähteeseen Ilmatieteen laitos 2013a.)

Kuvio 10 paljastaa, että vuorokausikohtaisista sademääristä suurin osa on ollut nollan ja kahden millimetrin välillä. Yli 75 % sateista on ollut sademäärältään alle 5 mm ja havaitaankin, että pienet sateet ovat todennäköisimpiä. (Ilmatieteen laitos 2013a.) Kuviossa 10 ei ole mukana päiviä, jolloin ei satanut lainkaan.



KUVIO 10. Päiväkohtaisten sademäärien jakautuminen yleisyyden mukaan (pohjautuu lähteeseen Ilmatieteen laitos 2013a)

Kun vertaillaan kuukausikohtaisia rankkasateen todennäköisyyksiä (kuvio 11), huomataan kesäkuukausien ja alkusyksyn olevan otollisinta aikaa runsassateisille vuorokausille. Heinä- ja elokuussa rankkasateen todennäköisyys on mittausaineiston valossa yli 20 %, mutta kesä- ja syyskuussakin yli 10 prosenttia. Pienin todennäköisyys rankkasateiden tapahtumiselle on puolestaan vuoden neljänä ensimmäisenä kuukautena. (Ilmatieteen laitos 2013a.)



KUVIO 11. Rankkasateen todennäköisyys prosenteissa ilmaistuna vuoden kunakin kuukautena. Rankkasateella tarkoitetaan tässä sitä, että vuorokauden aikana sataa 20 mm tai enemmän. (Pohjautuu lähteeseen Ilmatieteen laitos 2013a.)

## 7 HAASTATTELUJEN TULOKSET

### 7.1 Haastatteluiden tarkoitus

Koska hulevesisuunnitelmat laadittiin Rakennusbetoni- ja Elementti Oy:n toimeksiannosta tulevaisuudessa odottavaa ympäristöluvan uusimista ajatellen, on luontevaa, että opinnäytetyössä myös keskustellaan hulevesiasioista vastaavien viranomaisten kanssa. Näihin kuuluu Hämeen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen edustajien lisäksi myös Lahden seudun ympäristöpalveluiden edustaja, sillä Hollolan kunta ostaa ympäristöpalvelunsa Lahdesta.

Muita mahdollisia haastateltavia olisivat voineet olla esimerkiksi Hollolan kunnan sekä pelastuslaitoksen edustajat. Näiden tahojen kanssa keskusteleminen jätetään suunnitelmien toteuttamisessa myöhempään vaiheeseen ja mahdollisen jatkotutkimuksen aiheeksi.

### 7.2 Hämeen ELY-keskus ja Lahden seudun ympäristöpalvelut

Hämeen ELY-keskuksen edustajista haastateltiin kahta ylitarkastajaa, Ulla-Maija Liskiä ja Sinikka Koikkalaista. Molempia haastateltiin kesäkuussa 2013 ELY-keskuksen tiloissa Lahdessa. Kolmas haastateltava oli Lahden seudun ympäristöpalveluiden (lyh. LSYP) ympäristönsuojelutarkastaja Juha Alaluukas, jonka kanssa keskusteltiin myös kesäkuussa 2013. Kukin haastattelu kesti noin tunnin, ja jokainen myös äänitettiin.

Haastatteluissa tuli selvästi esiin, että yksiselitteisten määräysten ja raja-arvojen sijaan hulevesiasioita tarkastellaan riskin kautta. Isot alueet kannattaa jaotella pienempiin lohkoihin ja arvioida kunkin riskialttiutta erikseen. Suurimman riskin alueet, kuten kemikaalien lastaus- ja varastointipaikat, olisi hyvä eristää esimerkiksi kattamalla, jolloin sadevedet eivät pääse lainkaan kosketuksiin mahdollisten päästöjen kanssa. Vähäisen riskin alueet eivät välttämättä vaadi juurikaan toimia, vaikka pohjaveden tilaa tulisi silloinkin tarkkailla. Pelkkä säännöllinen näytteenotto on kuitenkin epävarma tapa varmistaa huleveden laatu.

Esille tuli myös, että koska pohjaveden laatuun tai määrään ei saa kohdistua haitallisia vaikutuksia, imeyttäminen on toimiva ratkaisu silloin, kun huleveden laatu on hyvä. LSYP:n edustaja ei kuitenkaan itse ollut nähnyt käytössä olevia suodatusratkaisuja. Esimerkiksi kattovedet ovat pääsääntöisesti haitta-aineettomia, mutta myös maan pinnalle satavat vedet voivat soveltua imeytettäväksi, mikäli riskiä niiden likaantumisesta ei ole. Imeytettävän veden pitäisi olla suunnilleen juomakelpoisessa kunnossa. Laitokset voivat itse rakentaa imeyttämiseen sopivia laitteistoja, kunhan mainittu toiminta on selvästi avattu hyväksytyssä ympäristöluvasa. Ideana on, että viranomaisen sijaan laitos itse etsii toimivat ratkaisut ongelmiin.

Veden poisjohtaminen ei ole automaattisesti toivotuin ratkaisu, sillä se saattaa vaikuttaa muodostuvan pohjaveden määrään. Vain ne vedet, joille ei voida järjestää paikallista käsittelyä, kannattaa johtaa pois. Jos kuitenkin hulevettä määrätään johdettavaksi pohjavesialueen ulkopuolelle, viranomainen ei yleensä voi puuttua joka yksityiskohtaan, vaan lupaehdoissa saatetaan esimerkiksi yleistasoisesti edellyttää, että hulevesien imeytyminen pohjavesialueen sisäpuolella tulee estää tavalla tai toisella. Teollisuusalueen mittakaavassa viranomaisen tarkemmat päätökset ovat usein vain osapäätöksiä.

Haastateltavat eivät pitäneet teollisuusalueen ja vähäisesti liikennöidyn tieliikennealueen eroja merkittävänä ainakaan muun kuin kemianteollisuuden osalta, sillä samankaltaiset ajoneuvot liikennöivät sekä teillä että laitosten tonteilla. Myöskään tekopohjaveden muodostamiseen liittyvät lupavaatimukset eivät ole relevantteja, kun puhutaan vain omalle alueelle satavista vesistä. LSYP:n edustaja ei myöskään pitänyt käytännössä mahdollisena, että esimerkiksi hiekkapihalle valunut hydrauliikkaöljy voisi päästä etenemään maaperässä enemmän kuin muutaman metrin syvyyteen.

Esittelimme haastateltaville lyhyesti Rakennusbetoni- ja Elementti Oy:lle suunnittelemamme hulevesiratkaisun alkuperäisen version (vaihtoehto A), johon sisältyi lastausalueen ja välipihan päällystäminen ja varustaminen öljynerotuskaivoilla, pysäköintialueen paikalle sijoitettava hulevesiallas sekä biosuodatuskenttä imeytyksineen. Haastatteluissa suunnitelmaa pidettiin kalleudestaan huolimatta mah-

dollisena, kunhan hallitaan riski siitä, että veteen liukenee sellaista ainetta, joka ei jää öljynerottimeen eikä muodosta havaittavaa kalvoa altaan veden pinnalle.

Minimivaatimuksena hulevesisuunnitelmalle pidettiin parkkipaikan ja sen vieritse kulkevan huoltotien hulevesien käsittelyn järjestämistä. Ehdottamamme koko lastausalueen päällystäminen olisi tavallaan hallittu ratkaisu, joka mahdollistaa hulevesien laadun seuraamisen. Laadun tarkkailun kannalta allasratkaisu on hyvä siinä mielessä, että hulevesialtaan pinnalta voidaan silmämääräisestikin havaita vähäisiä öljypäästöjä niiden muodostaessa kalvon veden pintaan.

### 7.3 Rakennusbetoni- ja Elementti Oy:n koneiden kuljettajat

Rakennusbetoni- ja Elementti Oy:n tontin pihalla liikkuvien työkoneiden kolmea kuljettajaa haastateltiin huhtikuussa 2013 lumien auroukseen ja hulevesiasioihin liittyen. Haastattelut myös äänitettiin ja litteroitiin.

Kuljettajien mielestä pihan pinnoittaminen olisi hyvä ratkaisu, sillä nykyinen sorapintainen piha on altis kuoppaantumiselle, mikä vaikeuttaa valmiiden betonituotteiden siirtämistä tuotantotilasta varastoon ja kuljetuskaluston kyytiin. Lisäksi pihan voimakas lätköityminen hankaloittaa lastaustyötä ja pysäköintialueen käyttöä keväisin ja rankkasateiden jälkeen, kun lammikoiden syvyys voi olla kymmenkin senttiä. Pinnoittaminen helpottaisi myös talvikunnossapitoa, koska pinta kestäisi raskaita koneita ja raapeutumista paremmin. Hiekoitushiekkakin pysähtyisi päällysteen pintaan jään läpi valuessaan.

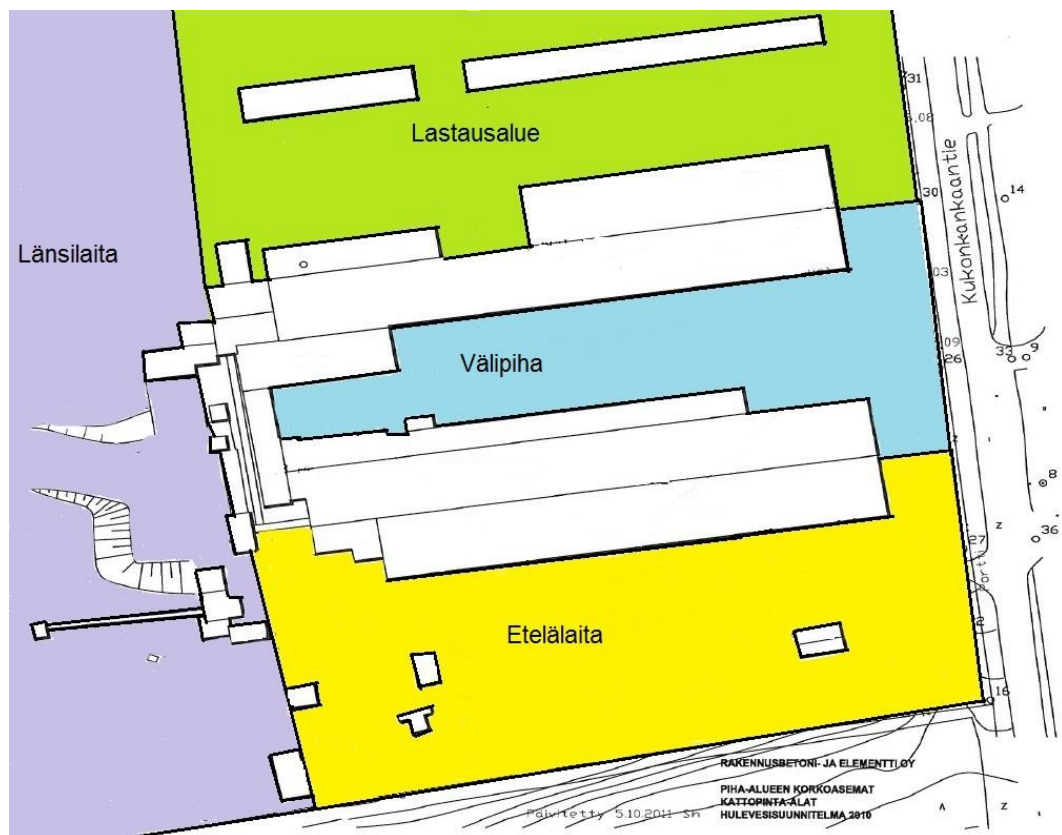
Talviset auroastyöt hoidetaan kiinteistöllä oman henkilökunnan toimesta, eikä ulkopuolisille aurouspalveluille ole ollut tarvetta. Auroaminen tehdään pääosin muiden tehtävien ohessa tehtaan toiminta-aikana, paitsi aamuisin saavutaan auroamaan kulkuväyliä ja parkkipaikkaa jo ennen muita työntekijöitä. Lumen tärkeimmät kasaamispaikat sijaitsevat tontin koillisnurkan metsikössä ja lännessä sora- ja hiekkanurkan reunalla. Niiden kapasiteetti on tähän asti ollut riittävä. Jotkin kohdat kiinteistöllä ovat isoille koneille hieman ahtaita, etenkin jos pihalle on sijoitettu tavaraa väliaikaisesti kasoihin.

## 8 HULEVESISUUNNITELMA: VAIHTOEHTO A

### 8.1 Johdanto suunnitelmaan

Seuraavaksi esiteltävä hulevesisuunnitelma, vaihtoehto A, on laadittu tiukimpien hulevesiä koskevien vaatimusten mukaan. Vaihtoehto B, ns. kevyempi suunnitelma, laadittiin viranomaishaastattelujen ja yrityksen tavoitteiden tarkentumisen jälkeen ja se esitellään luvussa 9.

Vaikka tontin läntisin laita eli maa-ainestenottokuopat jätetään tässä työssä huomiotta, tontin piha-alueen yhteenlaskettu pinta-ala on melko suuri, noin 12 ha. Käsittelyn helpottamiseksi tontti on suunnitelmassa jaettu osa-alueisiin, joille tehdyt ratkaisut esitellään omissa alaluvuissaan, kiinnittäen huomiota myös niiden keskinäiseen yhteensopivuuteen. Osa-aluejako on esitetty kuviossa 12 ja alueiden pinta-alat on koottu taulukkoon 3.



KUVIO 12. Pihan jaottelu osa-alueisiin

TAULUKKO 3: Pihan osa-alueiden summittaiset pinta-alat. Alat on laskettu AutoCAD-kartan mittojen perusteella, sillä mittausten suorittaminen kiinteistöllä olisi ollut vaikeaa jatkuvan liikenteen ja pihalle varastoitujen tavaroiden vuoksi.

Pihan alueiden pinta-alat	
Lastausalue	10200 m <sup>2</sup>
Välipiha	6000 m <sup>2</sup>
Parkki-alue	4500 m <sup>2</sup>
Katot	16700 m <sup>2</sup>
<b>Yhteensä</b>	<b>37400 m<sup>2</sup></b>

## 8.2 Lastausalue

Vaihtoehto A -suunnitelmassa lastausalue päällystetään. Lastausalueen vaihtelevien kaatojen ja suuren koon vuoksi alue jaetaan osioihin, joiden koon määrittävät pinta-ala sekä hiekan- ja öljynerotuskaivojen kapasiteetit. Piha-alueen uudelleenmuotoilu ennen päällystämistä on välttämätöntä, koska pihalle on tuotu aikojen saatossa runsaasti uutta materiaalia peittämään ja tasoittamaan epätasaisuuksia. Lisäksi pihan alustan perustusten muotoilulla saadaan päällystyksen jälkeen hulevesien keräämiseksi tarvittavat kaadot luonnistumaan helpommin.

Päällysteeksi laitetaan asfalttia, joka ei päästä läpi mahdollisia haitta-aineita ja estää niiden mahdollista joutumista hallitsemattomasti pohjavesiin pihalla. Eduksi voidaan laskea myös, että lastausalueen pinnoittaminen vähentää pölyämistä ja edistää siten työterveyttä. Myös alueen talvikunnossapito helpottuu, kun ei tarvitse huolehtia, ettei auraus vie mukanaan useita senttejä piha-alueen hiekkakerroksesta. Nämä asiat tulivat erityisesti esiin työkoneiden kuljettajien haastatteluissa (ks. luku 7.3). Valokuva lastausalueesta näkyy kuvassa 5.





KUVA 5. Lastausalueen nykytilanne idästä länteen päin katsottuna (Rakennusbetoni- ja Elementti Oy 2012a)

Lastausalueen hulevesijärjestelmän mitoituslaskelmia on esitetty luvussa 8.8. Lastausalueella työskentelee jatkuvasti keskimäärin kaksi konetta ja lisäksi kuormia hakevia ajoneuvoyhdistelmiä käy muutamia päivittäin. Siksi laskelmissa otetaan huomioon mahdollisen työkonevaurion aiheuttama öljyvuoto, jonka lasketaan pysähtyvän viimeistään hiekan- ja öljynerotuskaivon öljynsuodatusosastoon. Tämä ei sulje pois öljyn siivoamisen ja imeytysmateriaalien tarpeellisuutta pihalueiden välittömässä läheisyydessä.

Pihan suuren koon vuoksi kaivojen kapasiteetti on tärkeä osa laskelmaa. Laskelmassa öljynerotuskyky on vain pieni osa mitoitusta. Mikäli öljynerottimen kapasiteetti on liian pieni asetetuille maksimiöljymäärille, suositellaan seuraavaksi suurempaa kokoa olevaa hiekan- ja öljynerotinkaivoa. Öljynerotuskaivo on varustettava hälytyksellä ja sulkuventtiilillä.

Mikäli koko lastaus- ja varastointialuetta ei päällystetä, on pinnoittamatta jäävä varastointialue muotoiltava siten, että päällystetylle alueelle ei pääse siirtymään hienoa hiekkaa. Lisäksi varastointialueen hulevedet on johdettava alueen hiekan- ja öljynerotuskaivoihin.

### 8.3 Välipiha

Välipiha sijaitsee kahden suuren hallirakennuksen välissä. Lännessä se rajoittuu toimistotiloihin. Hulevesien käsittelyä vaikeuttavat erittäin runsaat kattovedet, jotka valuvat nykyisin suoraan pihalle. Kattovedet voi imeyttää maaperään (ks. luku 8.5), mutta piha-alueella tapahtuva varastointi ja liikennöinti rajoittavat rakennettavien imeytyspaikkojen sijoittelua. Myös keskellä pihaa itä-länsisuuntaisesti kulkeva maanalainen maakaasuputki luo erinäisiä ongelmia rakentamisessa.

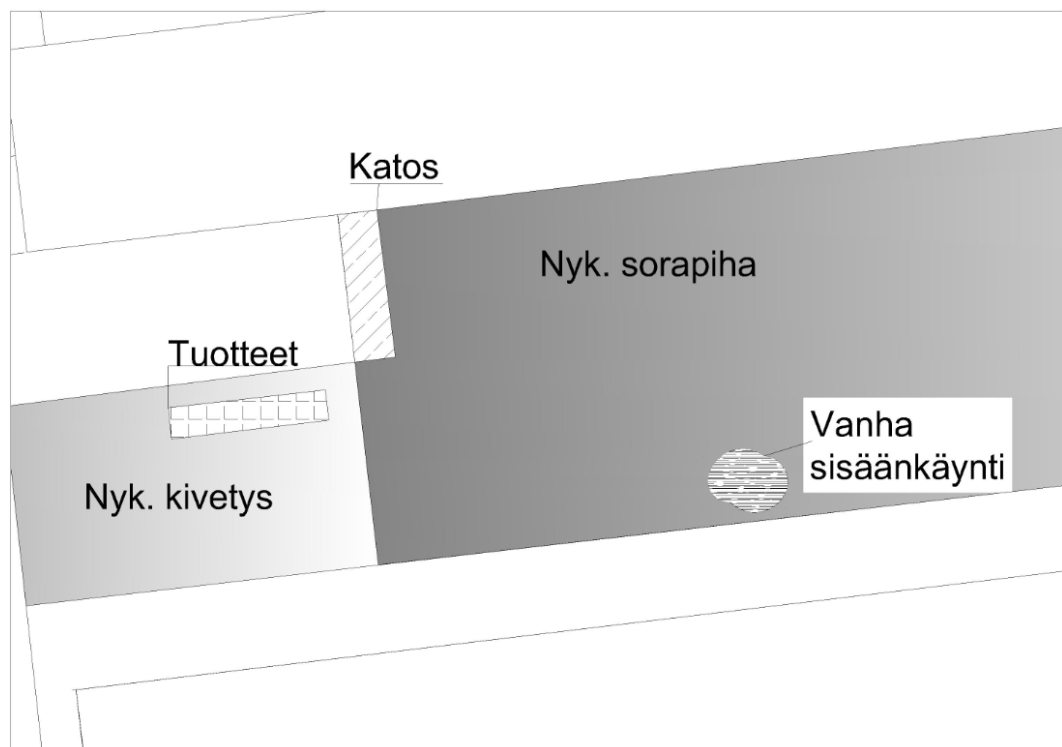
Hallirakennusten välissä oleva alue on nykyisin osittain laatoitettu ja alueelta muodostuvat hulevedet eivät pääse kunnolla siirtymään mihinkään, sillä pihalla oleva hulevesikaivon kansi on samalla korkeudella kuin myymälään johtava ovi, eli aivan liian korkealla. Laatoitetun pihaosion alla on keittiön jätevesiastia, jonka sisältö johdetaan kunnan viemäriverkostoon rasvanerotuskaivon kautta. Ongelmallisesti tyhjennyskaivo on liian lähellä alas tulevaa syöksytorvea ja liian matalalla verrattuna ympäröivään maahan. Tästä seuraa vaara, että kaivo täyttyy hulevedellä. Osa välipihan peräosasta näkyy kuvassa 6.



KUVA 6. Valokuva välipihan perältä itään päin katsottuna. Kuvassa etualalla näkyy välipihan nykyisin laatoitettu osa. Etualalla vasemmalla on pieniä pihakivituotteita, jotka siirrettäisiin suunnitelmassa nurkan taakse kuvan 7 osoittamaan kohtaan. (Rakennusbetoni- ja Elementti Oy 2012a.)

Tässä suunnitelmassa välipihan peräosan laatoitus kunnostetaan nykytarpeita vastaavaksi ja alueelle lisätään tarvittava määrä hiekan- ja öljynerotuskaivoja hulevetä varten. Välipihaa ei siis tarvitse pinnoittaa kokonaan. Hiekkapintaiseksi jäävän osan kaadot tarkistetaan ja pinta muotoillaan tarvittaessa uudestaan.

Nykyisin eräs ongelmakohta sijaitsee pohjoisen hallin tietyn ulko-oven kohdalla, sillä osa rakennusten kattovesistä valuu suoraan tähän kulkuväylään. Talvella tämä sisänurkassa oleva ovi ja sen edustan kulkuväylä vaikeuttavat aurausta. Hankaluuden voisi kiertää toteuttamalla rakennuksen päätyyn kulkukatoksen (ks. kuvio 13) ja sen viereen kattovesien imeytyspaikan. Pihan vaihtelevan luonteen vuoksi useita kattovesien imeytyspaikkoja joudutaan tekemään pihalle melkein kiinni rakennuksiin. Mikäli koko välipiha pinnoitettaisiinkin asfaltilla, pihalla sijaitsevien radonkaivojen määrää ja tehokkuutta tulisi nostaa



KUVIO 13. Karttakuva välipihan peräosasta. Pihalla myytävät tuotteet siirrettäisiin nykyiseltä paikaltaan nurkan taakse katoksen alle. Vanhan, käytöstä poistetun sisäänkäynnin edessä olevan ajoluiskan kohta on myös piirretty kuvaan.

Nykyisin myytäviä pihakiviä säilytetään välipihan peräosassa, mutta jos ne siirrettiisiin pysyvästi hieman idemmäksi nurkan taakse, ne olisivat helpommin saatavissa. Kuvassa 7 on valokuva kohdasta, johon pihakivet voisi siirtää. Kuvioon 13 piirretty kulkukatos tulisi juuri tämän kohdan yläpuolelle. Asiakkaille myytävien pihakivien varastopinojen siirtäminen vähentäisi suoraan pihan laatoituksen päällä tapahtuvaa liikennettä ja helpottaisi varaston ylläpitoa. Tällä järjestelyllä saadaan myös pihan kautta halliin menevä kulkuväylä erotettua muusta liikenteestä.



KUVA 7. Valokuva välipihan ongelmallisesta kohdasta, jossa matalamman rakennuksen katolta tuleva purkuputki syöksee sateella vettä suoraan kulkuväylälle oven eteen (kuva: Mika Sirviö 2012)

Välipihan jakaminen kahteen osa-alueeseen helpottaisi vesien johtamista eri suuntiin ja yksityisten asiakkaiden asiointia pihalla. Jakaminen suoritettaisiin pihan uudelleenmuotoilulla. Tietyn käytöstä poistetun oviaukon edessä olevaa syvennystä voitaisiin hyödyntää luontevana sijoituspaikkana hiekan- ja öljynerotus-



kaivolle (ks. kuvio 13 ja kuva 8). Heti kyseisen oven takana on valmiiden betonituotteiden pesupaikka, josta poistetaan kesäaikaan betonin palaset ja hienoaines. Tähän kohtaan yritys on kehittämässä laitteistoa, jolla tämä työ voitaisiin automatisoida.



KUVA 8. Valokuva välipiha käytöstä poistetun sisäänkäynnin edessä olevasta vanhasta ajoluiskasta. Oviaukon takana hallin sisällä on betonituotteiden pesupaikka. (Kuva: Mika Sirviö 2013.)

Pihan pinnan muotoilussa joudutaan mahdollisesti myös poistamaan pinnasta materiaalia, jotta hallien sisään menevän liikenteen ajolinjojen kohdat saadaan muotoiltua paremmin. Talvikunnossapitoa ajatellen liukkauden torjuntaa voidaan tehostaa lämmittämällä sisäänmenoluiskia.

#### 8.4 Uusi pohjoinen parkkipaikka

Suunnitelmassa henkilökunnan pysäköintialue siirretään tontin etelälaidalta koilliskulmaan, jossa nykyisin sijaitsee toinen kahdesta pikkumetsiköstä. Tällöin voidaan hyödyntää tontin pintojen luonnollisia kaatoja hulevesien käsittelyssä ja eteläreuna vapautuu viivytykseltään käyttöön. Haittapuolena on pidentynyt välimatka parkkipaikan ja päärakennusten sisäänkäyntien välillä. Lisäksi menetetään toinen kahdesta metsiköstä, joilla on ollut merkitystä pölyämisen hillitsijöinä ja kiinteistön ulkoasun kohentajina. Uuden parkkipaikan sijainti ilmenee kuvasta 9.



KUVA 9. Uuden pysäköintialueen sijainti tontin koilliskulmassa, jossa nykyisin sijaitsee pieni metsikkö (muokattu lähteestä Maanmittauslaitos 2010)

Uusi parkkipaikka päällystetään vettä hyvin läpäisevällä materiaalilla, jonka alla on muotoiltu murskeella täytetty tila. Sieltä vedet kerätään salaojaputkilla hiekan- ja öljynerotuskaivoihin. Murskeen alle asennetaan joko savi- tai bentoniittimatto estämään veden ja haitta-aineiden imeytymistä maaperään. Päällystysmateriaalina yritys voi mahdollisesti hyödyntää omia tuotteitaan (ks. kuvio 15).

Alue varustetaan hiekan- ja öljynerotuskaivolla, johon liittyy myös automaattinen hälytys. Suositeltavaa olisi käyttää standardin SFS-EN 858-1 mukaista hiekan- ja öljynerotuskaivoa, josta vesi voidaan johtaa eteenpäin vesistöön tai hulevesiviemäriin. Kohdealueen lähiseuduilla ei kuitenkaan ole vesistöä eikä käyttökelpoista kunnallista hulevesiviemäriä, joten toistaiseksi on keskityttävä kiinteistökohtaisiin käsittelyratkaisuihin. Käytännössä pysäköintialueelta kerätty hulevesi johdetaan tontin itäreunalla kulkevaan tienvarsiojaan, josta se jatkaa matkaansa eteenpäin muiden alueiden hulevesien mukana. Kapasiteetin riittävyyden varmistamiseksi parkkipaikalle täytyy asentaa myös suuremman kapasiteetin vesikaivoja, jotka soveltuvat veden väliaikaiseen varastointiin.

## 8.5 Kattovedet

Tässä suunnitelmassa ainoastaan rakennusten kattovedet imeytetään suoraan maaperään. Kattovesiä varten rakennetaan alueelle sopivat imeytyskaivot. Jokaisen katolta alas tulevan syöksyputken alle ei tehdä omaa kaivoa, vaan niitä yhdistellään sopivan mitoituksen mukaan. Mahdollisten roskien keräämiseksi putket varustetaan tarkoitukseen sopivalla liitännällä. Ylitäyttymisen varalta kattovesien kaivot varustetaan putkella, jota pitkin vesi voidaan johtaa toisiin imeytyskaivoihin. Imeytyspisteiden tarkka sijainti riippuu täysin tontilla tapahtuvista toiminnoista, joten kohtien valinta jätetään jatkotutkimuksen aiheeksi.

Koska kattovedet kelpaavat sellaisenaan imeytykseen, mitoituksessa huomioidaan vain kattojen pinta-alat, kun hulevettä johdetaan sopivaan määrään imeytyskaivoja. Rakenteellisesti imeytyskaivo on erittäin yksinkertainen, sillä se koostuu vain tarpeeksi syvistä ja riittävän leveistä betonirenkaista, joiden sisällä olevaan maainekseen vesi voi varastoitua ennen kuin imeytyy pohjan kautta maaperään omaan tahtiinsa.

Kattovesien hyötykäyttömahdollisuutta laitteiden pesupisteessä on mietitty, sillä yritys kierrättää nykyisinkin betoniautojen ja muottien pesuvesiä tuotannossaan. Kattovesien keräämistä varten kiinteistölle voitaisiin asentaa säiliö, jonne vesiä johdettaisiin suoraan katoilta. Kattovedet, jotka eivät mahtuisi säiliöön, kulkeutuisivat pihalla sijaitsevaan imeytyspisteeseen. Säiliön sijainti tulisi olemaan betoniautojen pesupaikan yhteydessä (kuva 10).



KUVA 10. Betoniautojen pesupaikka korostettuna tontin ilmakehuvaan. Mahdollinen kattovesisäiliö sijaittisi pesupaikan yhteydessä. (Muokattu lähteestä Maanmittauslaitos 2010.)

Kattovesien hyödyntämistä hankaloittaa niiden roskaisuus ja ajoittaisten rankkojen sateiden aiheuttama roskien kulkeutuminen säiliöön, josta ne poistetaan ylitäyttöputken avulla pihalle kattovesien imeytyspaikkaan. Siksi säiliön yhteyteen voidaan asentaa sopivasti muotoiltu verkko, joka päästää lävitseen pelkän veden. Säiliön täyttyessä roskat poistuvat nousevan veden pinnalla kelluen. Kattovesien keräyssäiliöstä lähtee hulevesialtaalle (ks. luku 8.6.1) ylitäyttöputki, joka varustetaan pallopadotusventtiilillä mahdollisen takaisinvirtaamisen estämiseksi.



## 8.6 Tontin etelälaita

Tontin eteläisen reunan alueet muodostavat suunnitelmassa oman kokonaisuutensa, joka esitellään kahdessa seuraavassa alaluvussa. Tontin etelälaidalla sijaitsee nykyisin henkilökunnan pysäköintialue, muutamia huoltorakennuksia sekä eteläisemmän hallin seinän vierustaa myöten kulkeva asfaltoitu huoltotie. Huoltotien läntisessä päässä sijaitsee betoniasema, johon liittyy kallistettu ajoluiska.

### 8.6.1 Hulevesiallas

Nykytilanteessa eteläinen parkkipaikka on tontin matalin kohta, jonne kertyy runsaasti vettä etenkin keväisin ja rankkasateiden jälkeen. Vesi ei pääse pakenemaan, vaan kertyy isoiksi lammikoiksi alueelle (ks. kuva 11). Tässä hulevesisuunnitelmassa nykyisen pysäköintialueen paikalle sijoitetaan keräys- ja viivytysallas, sillä kyseinen kohta on pintojen luontaisten kaatosuuntien vuoksi luonnollisin sijainti altaalle. Tällöin autojen pysäköinti siirtyisi tontin pohjoislaidalle.



KUVA 11. Suuri lammikko Rakennusbetoni- ja Elementti Oy:n nykyisellä parkkipaikalla. Kuva on otettu rankkasadepäivänä elokuussa 2013. (Hallikainen 2013.)

Suunnitelmassa myös tontin pohjoispuolen lastausalueen vedet voitaisiin johtaa nykyiselle parkkipaikalle tehtävään altaaseen, jossa suojaus estäisi vesien suoran imeytymisen maaperään. Suurin osa altaaseen johdettavan veden haitallisimmista aineista pidättyy hiekan- ja öljynerotuslaitteistoihin jo ennen allasta. Altaasta vesi imeytetään hitaasti biosuodatusrakenteeseen, joka poistaa siitä fosforia ja typpeä (ks. luku 3.2.3). Imeytykseen menevän veden pH:ta pystytään säätämään altaassa tarvittaessa. Lastausalueelta tuleva vesi pitäisi johtaa altaaseen siten, että vesi pääsee hapettumaan mahdollisimman paljon ennen imeytymistä. Hulevesialtaiden yleisiä ominaisuuksia esitellään luvussa 3.3.1.

Keväisin muodostuvat lumien sulamisvedet voidaan niin ikään johtaa nykyisen parkkipaikan alueelle tehtävään altaaseen viivästyksen kautta, kunhan lumien keräyspiste on järjestetty siten, että roskat ja muut epäpuhtaudet eivät pääse altaaseen. Alueen siivoamisen tulee myös onnistua helposti ja käytännöllisesti. Yleisesti ottaen allas toimii siis viivästysrakenteena ja mahdollisten sammutusvesien väliaikaisena varastona. Vaikka sammutusvesien määrää ja laatua on vaikea arvioida etukäteen, allasjärjestelmän toimivuus varmistetaan mitoittamalla allas tarpeeksi suureksi, jolloin sammutusvedet eivät muodosta uhkaa ympäristölle.

Altaan pinnankorkeutta säädellään purkukanavan korkeuden muutoksilla siten, että veden ei ole mahdollista lähteä kulkemaan lähimpiä purkuputkia pitkin takaisinpäin putkistoon altaan varo-osuuden täytyessäkään. Toinen vaihtoehto on käyttää purkuputkissa padotussulkuventtiiliä, joka sulkee aina yksittäisen putken vedenpinnan noustessa liian korkealle.

Altaan rakennelmien suunnitelmissa tulee huomioida talviolosuhteiden vaikutus. Tähän liittyy ainakin sulkuventtiilin suojaaminen jäätymiseltä. Lisäksi talvisin sulkuventtiilin jälkeisen imeytysputken päästä nousee lämpöä sekä maaperässä luonnostaan olevaa radonkaasua, joka tulee ohjata asianmukaisesti pois kaivosta.

#### 8.6.2 Huoltotie eteläisen hallin seinän vierustalla

Eteläisen hallirakennuksen eteläseinää myöten kulkevan ajotien vedet johdetaan reunakivien ja kallistusten avulla etelään päin allasta kohti. Eteläisen hallin seinustalla sijaitsevat kattovesien imeytyspaikat ovat jo iäkkäitä ja vaatisivat kunnos-

tamista (ks. kuva 12). Nykytilanteessa imeytyspisteiden kapasiteetti ei riitä käsittelemään kaikkia katolta tulevia vesiä, vaan osa tulvii yli ja valuu ajotielle. Tässä suunnitelmassa kattovesien imeytyspaikoille tehtäisiin kevyt kunnostus ja puhdistus. Ylivuotoja torjutaan putkittamalla pisteet altaalle päin.



KUVA 12. Eteläisen hallin seinustalla olevia kattovesien imeytyspisteitä. Kuva on otettu idästä länteen päin. Allas tulisi tässä suunnitelmassa kuva-alan vasemmalle puolelle. (Kuva: Mika Sirviö 2012.)

Parkkipaikan vieressä on pieniä rakennuksia, joista yhdessä suoritetaan työkoneiden polttoainetäydennystä. Varotoimet pohjaveden pilaantumisen estämiseksi ovat siis erityisen tärkeitä, kun polttoaineita käsitellään lähellä hulevesiallasta. Rankkasateiden aikaan polttoaineaseman läheltä tulevat hulevedet eivät saa päästä valumaan suoraan altaaseen, vaan ne tulee johtaa sinne hiekan- ja öljynerotuskaivon kautta. Tämä varmistetaan tekemällä altaan reunapenkereestä tarpeeksi korkea. Hiekan- ja öljynerotuskaivojen varusteisiin kuuluu myös automaattinen hälytyslaitteisto, joka testataan säännöllisin väliajoin.

Betoniaseman edessä oleva ajoluiska on ollut aina ongelmallinen, koska sen pohja kovettuu betonijäämistä ja yli kulkevan liikenteen vaikutuksesta. Ajoluiskan pohjaa on normaalisti kaivettu parin kolmen vuoden välein syvemmäksi ja materiaali on korvattu paremmin vettä läpäisevällä. Kaivon asentaminen ajoluiskan pohjalle auttaa vain hetkellisesti, sillä vaikka kaivo olisi umpipohjainen ja pumpullinen, veden mukana kulkeutuva sementti umpeuttaa vähitellen kaivon pohjaa ja tekee pumppauksen liki mahdottomaksi. Ohjaamalla tontin etelälaidan hulevedet keräysaltaaseen voidaan vähentää betoniaseman ajoluiskalle kulkeutuvan veden määrää oleellisesti. Ajoluiska näkyy alla kuvassa 13.



KUVA 13. Valokuva betoniaseman edessä olevasta kaltevasta ajoluiskasta, jonne hulevedet nykyisin usein valuvat (Rakennusbetoni- ja Elementti Oy 2012a)

## 8.7 Lumien auraus tontilla

Nykytilanteessa piha-alueita aurattaessa lumia kasataan ensin väliaikaisiin kasoihin, jotka sitten siirretään pois kulkuväyliltä muun työn lomassa. Lumia kuljetetaan pääasiassa varastointikatosten taakse tontin koilliskulmassa sijaitsevalle met-

säalueelle, jonka kautta keväiset sulamisvedet voivat imeytyä maaperään. Mikäli maaperä on jäässä, lumia kasataan myös varastoalueille. Joissain pihan kohdissa pintahuuhtoutuminen on lisääntynyt ja pihan pinta on ajan mittaan reikiintynyt ja muuttunut epätasaiseksi. Pihan pinnoittaminen asfaltilla estäisi pohjan vaurioitumisen, kunhan pinnoite on ehjä ja reunoiltaan oikein muotoiltu.

Pinnoitus ei suoraan vaikuta auraustekniikoihin, mutta lumien sijoituskohdat tulee suunnitella uudelleen. Tässä suunnitelmassa lumien keräys on keskitetty tiettyyn paikkaan, joka sijaitsee suunnittelualan eteläreunassa heti hulevesien keräysaltaan vieressä. Keskittäminen tehostaa lumien sijoittelua ja vähentää oleellisesti sulamisvesien aiheuttamaa kuormitusta lastausalueella.

Koneiden kuljettajat voivat siirtää väliaikaiset lumikasat keskitettyyn keräyspaikkaan työpäivän aikana, kuten tähänkin asti on tehty. Auraslumen mukana kulkeutuvat hiekat ja roskat voidaan tarvittaessa puhdistaa sijoituspaikalla, jonka materiaalit on valittu helppoa puhdistettavuutta ajatellen. Tällainen materiaali voi olla esimerkiksi kumimatto, jonka päällä on sopivankokoista luonnonkiveä. Matolla voidaan estää epäpuhtauksien suora pääsy maaperään.

## 8.8 Suunnitelman mitoituksista

Hulevesikaivojen mitoitukseen ja sijoitteluun kiinteistöllä vaikuttavat etenkin pihan suuri koko ja hienon maa-aineksen kulkeutuminen alueella. Yleensä kaivojen sakkapesän tilavuudeksi suositellaan 300:aa litraa, mutta tämän suunnitelman kohteessa kunkin kaivon pesän tilavuus voisi olla myös 500 litraa, jotta hiekan kulkeutumista putkistoon saadaan vähennettyä. Varotoimista huolimatta runsaan sateen aikana hienoin hiekka voi huuhtoutua veden mukana aina hulevesialtaalle asti. Kaivojen lukumääristä kerrotaan seuraavassa alaluvussa 8.8.1.

Arvioitaessa tarvittavien kaivojen lukumäärää on käytetty sateen intensiteettinä arvoa 150 l/s/ha, minkä lisäksi on arvioitu kunkin osa-alueen päällystetyn alan määrä. Laskelmat paljastavat, kuinka mittavia vesimääriä muodostuu jo normaalissa mitoitusasteessa, saati sitten useita päiviä jatkuvan rankan sateen aikana. Luvussa 6.5 tarkasteltujen sadetilastojen valossa onkin selvää, että suuretkaan sateet eivät ole mitenkään harvinaisia kohdealueella.

Hulevesialtaalla on erittäin tärkeä rooli vesimassan virtauksen tasaamisessa ja viivyttämisessä. Altaasta poisvirtaava vesi jatkaa matkaansa biosuodatukseen, jonka vastaanottokapasiteetin mukaan valitaan altaan poistoputken halkaisija. Sopiva halkaisija varmistaa, että biosuodatukseen voidaan johtaa vettä altaasta myös kuivemman kauden aikana.

Ilmatieteen laitoksen (2013b) määritelmän mukaan rankassa sateessa vettä tulee vuorokauden aikana 20 mm, mutta on hyvinkin mahdollista, että jo tunnin aikana sataa esimerkiksi 35 millimetriä. Itse allas on mitoitettu pahimman skenaarion mukaan, sillä erityisesti lumien keväisen sulamisen aikana vesimäärä nousee niin korkeaksi, ettei pelkän normisateen mukaan mitoitettu järjestelmä riitä alkuun-kaan.

Kymmenminuuttinen mitoitussade olisi millimetreissä ilmaistuna 9 mm. Ilmas-  
tonmuutoksen myötä tulevaisuudessa sateet voivat olla tätä huomattavasti ran-  
kempia. Pahimmillaan sateet voivat jatkua viikonkin, jolloin vesi ei enää pysty  
imeytymään maaperään yhtä tehokkaasti kuin normaalisti. Tämä johtuu maan  
huokostilavuuden kyllästymisestä vedellä.

Esimerkiksi sopivan ukkosrintaman saapuessa alueelle sademäärä voi olla nor-  
maaliin nähden jopa kolminkertainen. Tällaisesta sateesta syntyvä hulevesimäärä  
ei mahdu tontin kaivoihin, vaan virtaa pintaa myöten kallistusten osoittamaan  
suuntaan.

Kun suunnitellaan kaivojen sijoittelua kiinteistöille, niiden rakenteelliset ominai-  
suudet täytyy ottaa huomioon. Yhden kaivon sakkatilavuuden tulee olla vähintään  
 $0,3 \text{ m}^3$  eli 300 litraa, sillä sadeveden mukana kulkeutuu usein kiinteitä epäpuh-  
tauksia. Laskelmissa yksi hulevesikaivo kerää vettä noin  $350 \text{ m}^2$ :n alueelta. Yhden  
lieriönmuotoisen kaivon halkaisija on 1 m ja syvyys 4 m, jolloin tilavuudeksi saa-  
daan  $3,14 \text{ m}^3$ . Kukin kaivo on varustettava tieliikennealueelle soveltuvilla rautai-  
silla ritiläkansilla, jotka voidaan tarvittaessa irrottaa sakkatilan tyhjentämistä var-  
ten.

Kaivojen poistoputken halkaisija on teollisuusalueella minimissään 400 millimet-  
riä ja putkien yleinen kaato luokkaa 0,5–1,0 %. Näin voidaan varmistaa virtaaman

tasaisuus ja putkien sisäisen puhdistumisen riittävyys sadeveden huuhdellessa niitä.

#### Mitoituslaskelmien tulokset

Seuraavissa laskelmissa valumakertoimen on oletettu olevan 0,8. Yhden kaivon kapasiteetti on  $3,14 \text{ m}^3$ . Laskelmien periaatteet on esitetty liitteessä 3.

Lastausalueen pinta-ala on  $10\,200 \text{ m}^2$ , joten 9 mm mitoitussateen aikana siellä muodostuu hulevettä noin  $73,5 \text{ m}^3$ . Pinnoitteesta riippuen tämän vesimäärän keräämiseen tarvitaan 24 hulevesikaivoa. Silloin veden virtaama kokoomaputken purkupäästä voi nousta tasolle  $40,0 \text{ m}^3/\text{min}$ .

Välipihan pinta-ala on noin  $6000 \text{ m}^2$ , joten mitoitussade muodostaa sinne hulevettä noin  $43,2 \text{ m}^3$ . Vettä vastaanottamaan tarvittaisiin 14 kaivoa.

Tontin eteläreunan alueen ala on  $4500 \text{ m}^2$ . Tässä suunnitelmassa pysäköintialue siirrettäisiin kuitenkin tontin koilliskulmaan ja tilalle rakennettaisiin keräysallas ja biosuodatuskenttä, jotka yhdessä vähentävät hulevettä muodostavaa pinta-alaa yli  $2000 \text{ m}^2$ . Laskelmassa on käytetty alaa  $2200 \text{ m}^2$ , jolloin mitoitussateen aikana hulevettä syntyy  $15,9 \text{ m}^3$ . Tätä määrää vastaanottamaan riittäisi viisi kaivoa, jotka sijoitettaisiin huoltotien reunaan.

Koilliskulmaan tuleva uusi pysäköintialue on pinta-alaltaan arviolta  $2500 \text{ m}^2$ , eli hulevettä muodostuu  $18,0 \text{ m}^3$ . Hiekan- ja öljynerotuskaivoja tarvittaisiin siis kuusi kappaletta, ja uudelle alueelle ne onkin huomattavasti helpompi toteuttaa jo rakennusvaiheessa.

#### 8.9 Yhteenveto: Vaihtoehto A

Alle on tiivistetty edellä esitettyyn hulevesisuunnitelmaan liittyvät kaikkein tärkeimmät toimenpiteet. A-vaihtoehdon ratkaisu laadittiin mahdollisimman kokonaisvaltaiseksi järjestelmäksi, jossa pohjavettä suojellaan tarkasti jokaisella osaluueella. Merkittävänä muutoksena nykytilanteeseen on etenkin parkkipaikan siirtäminen pois ison altaan tieltä. Huonona puolena tässä suunnitelmassa on sen erittäin korkea hinta ja mahdollinen ylimitoitus todellisiin vaatimuksiin nähden.

### Lastauspiha

- asfaltointi, pihan tasaus
- kaatojen tarkistus
- kaivot ja putkitus

### Välipiha

- oven edustan laatoituksen kunnostus
- kaivojen kunnostus ja lisääminen
- katoksen lisääminen
- hiekkapihan oikaisu ja kaatojen tarkistus

### Uusi pohjoinen parkkipaikka

- sijoitus tontin koilliskulmaan
- vettä läpäisevä päällyste, pohjalla tiivis matto
- vedet kaivojen kautta ojaan

### Kattovedet

- imeytys suoraan maaperään betonirengaskaivoilla
- mahdollisesti säiliö betoniautojen pesupaikan yhteyteen

### Eteläreuna

- vanhan parkkipaikan paikalle iso hulevesiallas kaivoineen ja imeytyksineen
- huoltotielle reunakivet ja kallistus
- seinänvierustan kattovesipisteiden kunnostus



## 9 HULEVESISUUNNITELMA: VAIHTOEHTO B

### 9.1 Johdanto suunnitelmaan

Edellisessä luvussa esitetty A-suunnitelma tehtiin hulevesien kokonaisvaltaiseksi käsittelyjärjestelmäksi. Se on kuitenkin laajuudessaan raskas ja kallis toteuttaa, joten yrityksen ideoiden pohjalta laadittiin myös kevyempi B-suunnitelma, joka vastaisi kohdekiinteistön tarpeita ja täyttäisi viranomaistenkin vaatimukset. Tätä vaihtoehtoista suunnitelmaa esitellään alla.

Tontin osa-aluejako ja osioiden pinta-alat ovat B-suunnitelmassa samat kuin A-vaihtoehdossa. Ne on esitetty edellisessä pääluvussa kuviossa 12 ja taulukossa 3. Tätä suunnitelmaa varten laadittiin myös karkea kustannusarvio, joka on esitetty liitteessä 4.

### 9.2 Lastausalue

Lastausalueen ratkaisu perustuu päällystämisen sijasta huleveden poisjohtamiseen pinnan kaatojen avulla. Alue on kooltaan niin suuri, että sen kaikkia hulevesiä ei ole tarkoituksenmukaista kaataa samaan suuntaan, koska pihaa jouduttaisiin silloin kallistamaan liikaa. Tämä taas aiheuttaisi suuria pintavirtauksia, jotka kuljettaisivat hienoa maa-ainesta paikasta toiseen. Siksi lastausalue jaetaan pienempiin osa-alueisiin, joiden kaadot suunnitellaan kukin erikseen. Osa-aluejako myös mahdollistaa suunnitelman toteuttamisen vaiheittain usean vuoden aikana. Aluejako määräytyy rakennusten ja pihan muotoiltavien korkojen mukaan työn edetessä.

Ennen suunnitelman toteutusta selvitetään lastausalueelta imeytymiselle otollisimmat kohdat, joissa vedelle on tarpeeksi tilaa ja jotka eivät sijaitse keskeisimmillä liikenneväylillä. Vesi ohjataan loivilla ja selkeillä kaadoilla näihin kohtiin, joihin sijoitetaan kivipesät vastaanottamaan vettä ja mahdollistamaan imeytymisen. Näin voidaan tehdä, sillä viranomaishaastatteluiden (ks. luku 7) perusteella lastausalue on vähäisesti liikennöityä aluetta, jonka vesiä ei ole välttämättä tarpeellista johtaa muualle.

Kivipesä on routarajan alle ulottuva kaivanto, joka eristetään ympäröivästä hiek-kamaasta vettä läpäisevällä suodatinkankaalla ja täytetään raekooltaan isohkolla kivellä. Kivipesä suljetaan suodatinkankaalla myös päältä ja kankaan päälle asetetaan isompirakeista kiveä. Näin vesi pääsee kivien lomasta helposti maaperään, mutta maa-ainekset eivät sekoitu keskenään.

Vaihtoehtoisesti hulevedelle voitaisiin varata imeytymistilaa varastoitavien tuotteiden alapuolella sijaitsevasta maasta. Käytännössä tuotteille valittaisiin lastauspihalta joku tietty kohta, jossa niitä aina säilytettäisiin. Tämän kohdan alustaksi laitettaisiin jotain huokostilavuudeltaan suurempaa materiaalia, jotta sinne voidaan johtaa vesiä imeytymään. Kivipesäratkaisukin on mahdollinen. Näin säästettäisiin tilaa tontilla, kun tavaran varastointi ja imeytys voidaan toteuttaa samassa kohdassa. Toisaalta alustan vaakasuoruus ja kantavuus on tällöin erityisesti varmistettava.

Lastausalueen pinnan muotoilun jälkeen pintakerrokseksi suositellaan raekooltaan noin 35–55 mm olevaa kalliokivimurskaa, joka on hyvin kulutusta kestävä ja heikosti pölyävää. Murskakerroksen suositeltu paksuus on noin 10–15 cm, mikä mahdollistaa huoltolanauksen tarvittaessa. Ajan mittaan kivikerros painuu alaspäin, joten karhentamiselle ja kevyelle kunnostamiselle tulee myöhemmin tarvetta.

### 9.3 Välipiha

Välipihalla ei nykyisellään ole kovin montaa pysäköintipaikkaa, vaikka varsinkin kesäaikaan siellä käy säännöllisesti asiakkaita. Tämän takia yrityksen ehdotuksesta välipihalle suunnitellaan tarkoitusta varten uusi asiakaspaikointialue, joka päällystetään vettä läpäisemättömällä pinnoitteella (kohta 3 kuviossa 14). Jatkossa välipihan raskaan liikenteen määrää pyritään vähentämään selkeämmän ohjeistuksen avulla ja asiakkaiden lisäksi ainoastaan työkonoiden sallitaan liikkua tällä pihalla.

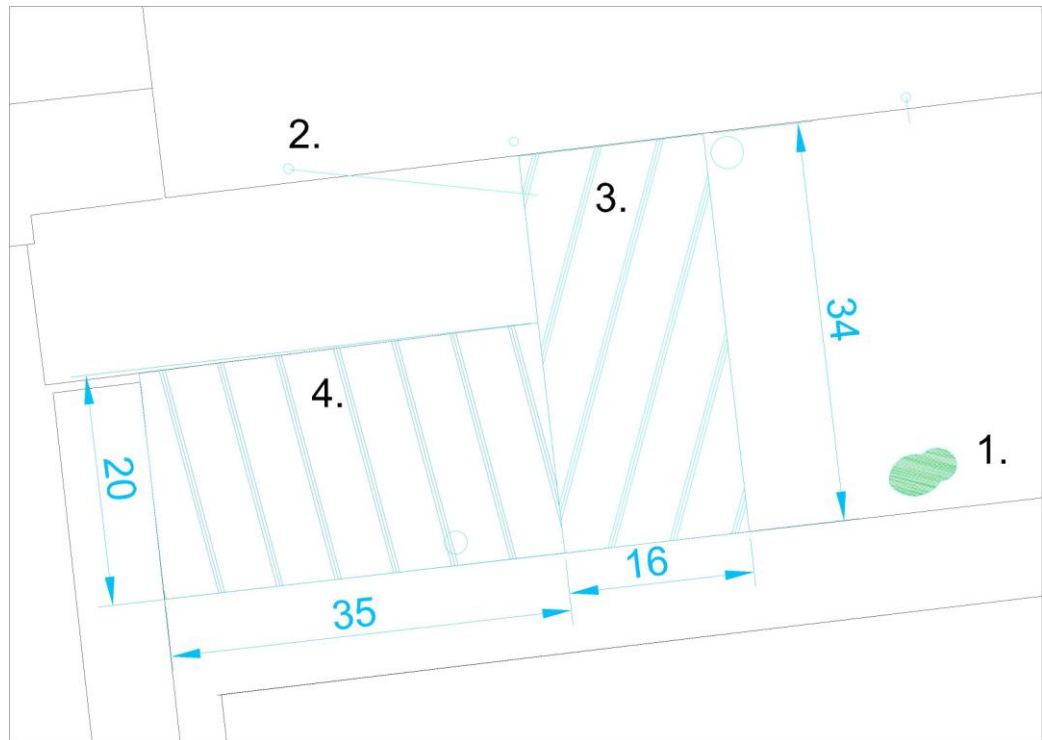
Uudelle parkkialueelle on tarkoitus sijoittaa kymmenen pysäköintiruutua. Tällöin ruutujen vaatima ala olisi  $150 \text{ m}^2$ , kun yhden ruudun mittojen tiedetään olevan noin  $2,5 \text{ m} \times 6,0 \text{ m}$ . Asiakkaat liikkuvat usein kevyellä ajoneuvoyhdistelmällä

(henkilö- tai pakettiauto ja peräkärry), joten ruutujen välisten ajoväylien tulee olla leveydeltään noin 5–8 metriä. Kuormaukselle tulee myös olla riittävästi tilaa.

Välipihan puolella eteläisen hallin seinustalla on vanha syvennys, josta on aikoinaan menty halliin sisään (kohta 1 kuviossa 14). Tätä kohtaa voidaan käyttää hyväksi uuden pysäköintialueen hulevesien tarkastusaltaan paikkana. Tarkastusallas mahdollistaa öljypäästöjen visuaalisen havainnoinnin, sillä päästöt aiheuttavat veden pinnalle kalvon. Myös vesinäytteen ottaminen on altaasta helppoa. Tarkastusallas sijoitetaan kuvion 14 kohdan 1 osoittamaan kohtaan ja varustetaan sulkuventtiilillä.

Koska pihan halki kulkee maanalainen kaasuputki, maanalaisten hulevesiputkien asentaminen pysäköintialueelta tarkastusaltaalle olisi vaikeaa. Sen takia on järkevämpää pinnoittaa välipihan uuden parkkipaikan kohta koko pihan leveydeltä ja johtaa hulevedet altaaseen pintavaluntana. Näin hallirakennusten väliin muodostuva uusi pinnoitettu alue on suuruudeltaan noin 550 m<sup>2</sup>. Pihan perimmäinen osa on jo nykyisellään pihakivetetty (kohta 4 kuviossa 14), joten tämänkin osan hulevedet voidaan ohjata samaan altaaseen. Silloin pihan päällystetty ala on kokonaisuudessaan 1500 m<sup>2</sup>.

Mitoitussateen aikana tällä alalla muodostuu hulevettä noin 14 m<sup>3</sup>, josta voidaan arvioida tarkastusaltaan tilavuusvaatimukseksi noin 21 m<sup>3</sup>. Jos altaan syvyys on noin metrin, allas vaatii tilaa noin 3 m x 7 m. Hulevedet voidaan tarkastamisen jälkeen imeyttää maaperään salaojaputkella, joka on erotettu altaasta sulkuventtiilillä.



KUVIO 14. Välipihan perimmäisen osan suunnitelma. Mitat on ilmoitettu metreissä. 1) Hulevesiallas vanhan sisäänkäynnin kohdalle. 2) Nykyinen kattovesiputki, joka mahdollisesti siirretään johtamaan talon toiselle puolelle. 3) Pinnoitettava alue, jossa asiakaspysäköinti tapahtuu. 4) Nykyisen kiveyksen alue.

#### 9.4 Kattovedet

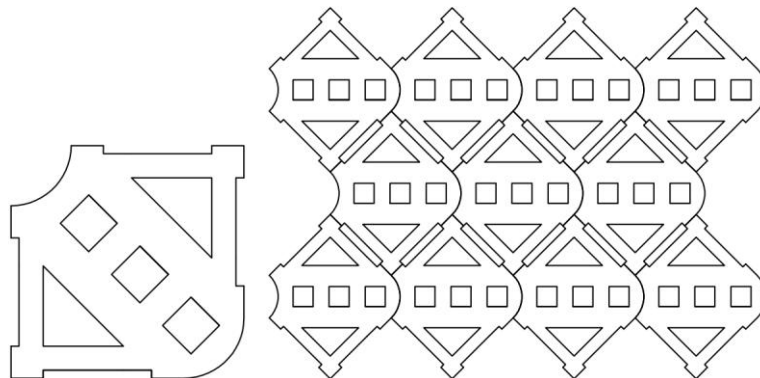
B-suunnitelmassa kattovedet käsitellään pitkälti samalla tavalla kuin A-vaihtoehdossakin (ks. luku 8). Merkittävin ero on tietyn välipihan syöksyputken pään mahdollinen siirtäminen välipihalta lastausalueen puolelle, jotta se ei häiritse välipihalle tehtävän uuden asiakaspysäköintialueen toimintaa. Nykyisellään osa pohjoisen hallin kattovedestä purkautuu kyseisen purkuputken kautta suoraan halliin johtavan oven eteen (kohta 2 kuviossa 14).

Koska nykytilanteessa kattovesille tarkoitetut imeytyspisteet toimivat heikosti, katoilta peräisin olevaa hulevettä pääsee pintavaluntana tontin etelälaidan betoniaseman ajoluiskalle vieden huoltotien reunan maa-aineksia mennessään (ks. kuva 13). Tämän takia tässä suunnitelmassa ehdotetaan, että imeytyspisteistä ylivuotavia kattovesiä ohjataan pois päin betoniaseman ajoluiskalta huoltotien var-

teen tehtävien kourujen ja kiveysten avulla. Uudistusten jälkeen parkkipaikka kykenee vastaanottamaan vettä huomattavasti paremmin kuin ennen.

### 9.5 Tontin etelälaita

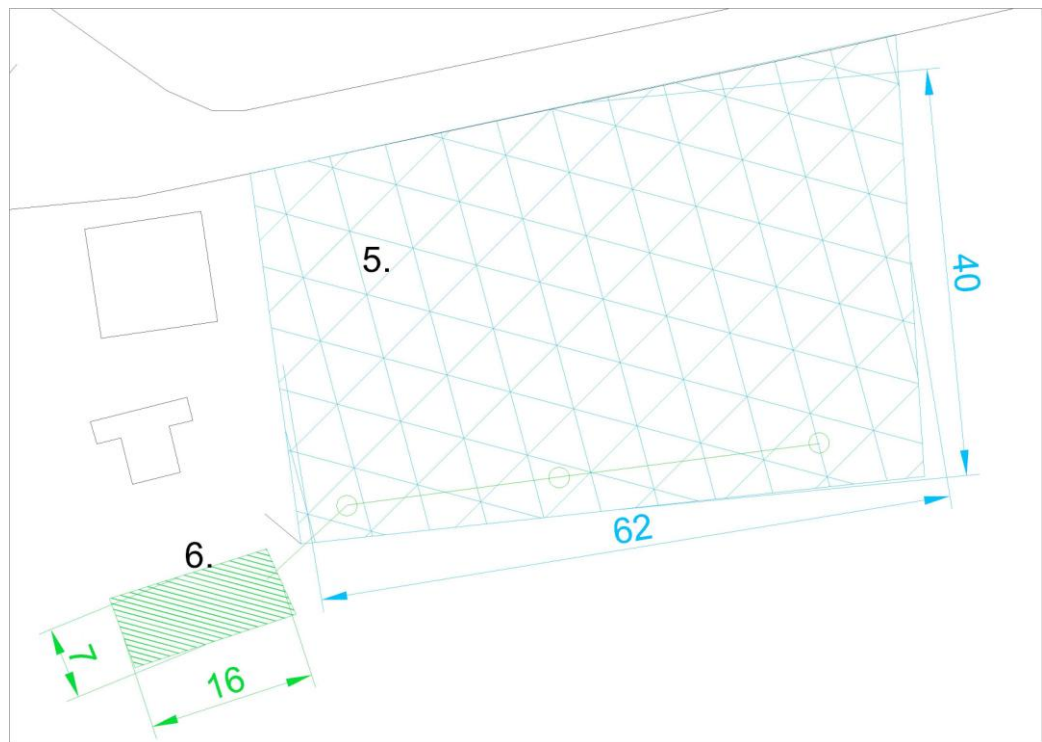
Henkilökunnan pysäköintialue säilyy vanhalla paikallaan tontin etelälaidalla. Se kunnostetaan pinnoittamalla alue reikäkivilaataalla (ks. kuvio 15), jolla voidaan taata riittävä kantavuus ja estää maa-aineksen liikkuminen sadevesien mukana (kohta 5 kuviossa 16). Samalla hillitään myös pölyämis- ja lätäköitymisongelmia. Koska nykytilanteessa parkkiruudut ovat melko ahtaita ja osa parkkipaikasta kärsii lätäköitymisestä, niin pysäköinti tapahtuu melko lähellä huoltotietä. Tämän suunnitelman mukaan ruutuja voidaan hieman laajentaa ja alueen kapasiteettia lisätä. Tällöin koko pinta-ala saadaan paremmin käyttöön.



KUVIO 15. Rakennusbetoni- ja Elementti Oy:n kehittämä reikäkivimalli ja yksi mahdollisista ladontakuvioista. Reikäkiveä sijoitetaan suunnitelmassa ainakin vanhalle pysäköintialueelle. (Konsti 2013).

Yleisen ajattelutavan mukaan pysäköintialueiden hulevesi on mahdollisesti likaista, joten sen suora imeytyminen estetään maan pinnan alle asennettavalla muovikalvolla tai bentoniittimatolla. Reikäkivipinnoitteen ja kalvon välissä maa-aines on murskattua kiveä, jonka huokostilavuus viivyttää hulevettä ennen sen imeytymistä salaojaputkien kautta hiekan- ja öljynerotuskaivoon ja sieltä edelleen altaaseen selkiytymään.

Heti parkkipaikan länsipuolelle rakennetaan hulevesiallas, jonka pohjalle tulee vettä läpäisemätön kumi- tai muovikalvo (kohta 6 kuviossa 16). Altaan jälkeen vesi voidaan silmämääräisen tai muunlaisen tarkistuksen jälkeen imeyttää maaperään. Imeytysjärjestelmään menevän veden virtausnopeuden liiallinen kasvu estetään käyttämällä sopivankokoista putkea. Lisäksi altaaseen voidaan istuttaa sopivaa pientä kasvustoa puhdistamaan vettä. Imeytysputkiston tarkempi suunta ja sijainti jäävät ratkaistaviksi työn myöhempään vaiheeseen.



KUVIO 16. Tontin eteläreunan pysäköintialueen suunnitelma. Mitat on ilmoitettu metreissä. 5) Reikäkivellä päällystettävä parkkipaikan alue. 6) Rakennettava hulevesiallas, josta vesi kulkeutuu imeytettäväksi.

Jotta saadaan estettyä altaan ylitäyttö ja veden takaisinvirtaaminen hiekan- ja öljynerotuskaivoihin, kaivoista altaaseen johtavien putkien päät suojataan palloventtiileillä. Nämä venttiilit sulkevat veden tulovirtauksen, kun altaan vedenpinta on noussut tietylle tasolle. Mahdollisessa ylitäyttötilanteessa vesi varastoituu altaan sijasta kaivoihin ja pysäköintialueen maaperän huokostilaan.

Haluttaessa altaan voi varustaa palloventtiilisulkujen lisäksi myös erillisellä ylitäyttöputkella. Putki ei kuitenkaan saa ottaa vettä altaan pinnalta eikä reunoilta, jotta vettä kevyemmät haitta-aineet ja roskat eivät päädy putkeen. Tarkempaa rakennesuunnitelmaa laatiessa huomioidaan myös yleiset periaatteet oikean asennuskorkeuden ja muodon suhteen. Ylitäyttöputken kautta poistuva vesi johdetaan esimerkiksi lähistölle rakennettavaan maanalaiseen kivipesään.

Parkkipaikkaratkaisun valuma-alueeseen kuuluu itse pysäköintialueen lisäksi suuri osa huoltotiestä, joka kulkee eteläisen hallin seinää myöten itä-länsi-suunnassa. Huoltotien itäisimmän osuuden hulevedet johdetaan kuitenkin pois päin parkkipaikasta itäreunassa kulkevaa avo-ojaa kohti reunakivien avulla. Ratkaisu perustuu maan pinnan luontaiseen muotoon kyseisellä kohdalla. Ojan pienen kapasiteetin vuoksi sinne ei kannata johtaa liikaa hulevettä tontin muista osista.

Kunnostetun parkkipaikan pinta-alaksi muodostuu noin  $2800 \text{ m}^2$ , mutta tämän lisäksi altaan mitoituksessa on huomioitava myös osa huoltotiestä, joka kuuluu altaan valuma-alueeseen. Näin valuma-alueen kokonaispinta-alaksi on arvioitu noin  $4000 \text{ m}^2$ . Pysäköintialue varustetaan joko yhdellä standardin SFS-EN 858-1 mukaisella kaivolla tai sitten kahdella hiekan- ja öljynerotuskaivolla, joista vesi laskeutuu altaaseen. Mitoitussateen aikana syntyvän huleveden laskennallinen määrä on noin  $36 \text{ m}^3$ . Hulevesialtaan tilavuuden olisi suositeltavaa olla laskennallista tarvetta suurempi, esimerkiksi  $80 \text{ m}^3$ .

Varsinaisen hulevesialtaan lisäksi myös itse parkkipaikan pintamaaperää voidaan hyödyntää viivästyksessä. Kunnostuksen jälkeen käytettävissä olevan pysäköintialueen koko kasvaa  $2800 \text{ m}^2$ :iin. Jos huokoisen kivimurskakerroksen syvyys on keskimäärin 0,5 metriä, sen tilavuus on siis  $1400 \text{ m}^3$ . Huokoisuusaste riippuu kivimurskan raekoosta, mutta tässä sen on arvioitu olevan 30 %. Silloin murskakerroksessa on vedelle varastoitumistilaa noin  $420 \text{ m}^3$ . Yhdessä varsinaisen altaan kanssa tilaa on siis noin 500 vesikuutiolle.

Asianmukaisten kaatojen, salaojaputkien sekä hiekan- ja öljynerotuskaivojen kautta vesi pääsee normaalitilanteessa liikkumaan sujuvasti eteenpäin pysäköintialueen maaperästä, mutta altaan täytyessä maakerros toimii ylimääräisenä vesivarastona. Jos parkkipaikan takaosan ympärille lisätään 10 cm korkeat reunakivet ja

maalainen läpäisemätön kalvo ulotetaan niiden yläpuolelle, kasvaa käytettävissä oleva varastointitila vielä noin 250 m<sup>3</sup>:llä, jota voidaan hyödyntää esimerkiksi sammutusvesien tilapäisessä varastoinnissa tarpeen vaatiessa.

## 9.6 Auraus

Auraus toteutetaan pääosin kuten tähänkin asti, eikä lumille osoiteta tässä suunnitelmassa mitään erityistä kasausta paikkaa. Tarvittaessa auraushenkilökuntaa ohjeistetaan reuna- ja reikäkivien päältä auraamisessa, jotta ne eivät tarpeettomasti vaurioidu talven aikana. Osaltaan auraukseen vaikuttaisi myös lastausalueen varastointijärjestelyn muokkaaminen loogisemmaksi ja suunnitelmallisemmaksi, kuten luvussa 9.2 ehdotetaan.

## 9.7 Yhteenveto: Vaihtoehto B

Yllä esitetyn suunnitelman tärkeimmät ehdotukset on koottu alla olevaksi luetteloksi. Tämän suunnitelman keskeinen ajatus oli nimenomaan tarjota kevyempi ja edullisempi vaihtoehto alkuperäiselle suunnitelmalle. Ratkaisu pohjautuu pinnoittamisen sijaan huleveden luontaiseen imeytymiseen vähemmän liikennöidyillä alueilla. Toisaalta esimerkiksi välipihaan ehdotetaan rakennettavaksi uutta pysäköintialuetta asianmukaisine suojauksineen.

### Lastauspiha

- pihan kuorinta, tasaus, kaatojen tarkistus
- kivipesät otollisimpiin kohtiin
- pihalle karkeampaa kalliomursketta

### Välipiha

- kattovesien imeytyspisteen kunnostus
- uusi asiakasparkkialue, läpäisemätön päällyste
- pieni hulevesiallas vanhan sisäänkäynnin kohdalle
- pihan tasaus ja kaatojen tarkistus

### Kattovedet

- pääosin kuten A-vaihtoehdossa
- välipihan yksi syöksyputken pää käännetään toiseen suuntaan



### Eteläreuna

- vanhan parkkipaikan kunnostus reikäkivellä, alle läpäisemätön kalvo
- parkkipaikan viereen isompi hulevesiallas, josta vesi imeytykseen
- huoltotien veden ohjaus kourujen ja reunakivien avulla

## 10 YHTEENVETO

### 10.1 Työn keskeinen sisältö

Opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia toimiva hulevesisuunnitelma hollolalaiselle Rakennusbetoni- ja Elementti Oy:lle, jolle aihe on ajankohtainen lähitulevaisuudessa tapahtuvan ympäristöluvan uusimisen vuoksi. Yleensä vastaavissa kohteissa hulevedet on tapana johtaa pois syntypaikaltaan tarkoitusta varten rakennetuissa viemäreissä, mutta kohdekiinteistöllä tämä ei ole nykytilanteessa mahdollista. Sen takia yritys on aktiivisesti etsinyt vaihtoehtoisia ratkaisumalleja muun muassa opiskelijayhteistyön kautta.

Vaikka opinnäytetyön keskeisin sisältö ovat kohdekiinteistölle laaditut kaksi hulevesisuunnitelmaa, työn alkupuolella esitellään hulevesiasioihin liittyvää taustatietoa sekä erilaisten tekniikoiden että lainsäädännön näkökulmasta. Laeista keskitytään neljään tärkeimpään. Erilaisia käsittelytekniikoita esitellään yhteensä seitsemän, ja ne on ryhmitelty Suomen Kuntaliiton julkaisemassa Hulevesioppaassa esiteltyyn prioriteettijärjestykseen. Seuraavissa luvuissa näkökulmaa tarkennetaan kohdekiinteistölle sopivammaksi.

Kiinteistölle laaditut varsinaiset hulevesisuunnitelmat esitellään luvuissa 8 ja 9. Molemmissa suunnitelmissa tonttia tarkastellaan osa-alueittain, mutta myös kokonaisuuden toimivuuteen on kiinnitetty huomiota. Tärkeimmät osa-alueet ovat lastausalue, välipiha, eteläreuna (pysäköintialue ja huoltotie) sekä kattovedet. Myös lumien auraamisen toteuttamista pohditaan omissa alakappaleissaan.

Ensimmäinen suunnitelma (vaihtoehto A) laadittiin niin sanotusti pahimman skenaarion mukaan. Suunnitelma perustuu pitkälti lähes koko alueen asfaltointiin ja kiinteistökohtaiseen hulevesiviemärointiin. Pysäköintialue siirrettäisiin tontin eteläreunasta sen koilliskulmaan, jotta vanhalle paikalle saataisiin tilaa sellaiselle hulevesialtaalle, joka kykenisi vastaanottamaan koko kiinteistön hulevedet. Altaasta vesi johdettaisiin imeytykseen, uudelta parkkipaikalta taas tontin itäreunan avo-ojaan.

Toinen, vaihtoehtoinen suunnitelma (B) laadittiin sen jälkeen kun hulevesiasioista vastaavia viranomaisia oli haastateltu ja yritys oli esittänyt näkemyksiä asiasta. B-

suunnitelma on selvästi kevyempi ja edullisempi toteuttaa kuin ensimmäinen. Lastausalueen eri kohtien kaadot tarkistettaisiin ja sopivimpiin kohtiin sijoitettaisiin kivipesät mahdollistamaan imeyttäminen. Välipihalle toteutettaisiin uusi asiakasparkkipaikka ja pieni hulevesiallas. Nykyinen etelälaidan pysäköintialue kunnostettaisiin ja sen viereen rakennettaisiin isompi hulevesiallas imeytysjärjestelmineen. B-suunnitelman karkea kustannuslaskelma on esitetty liitteessä 4.

Opinnäytetyöhön sisältyy myös useita haastatteluja, joiden yhteenvedot esitetään luvussa 7. Haastateltavina olivat Hämeen ELY-keskuksen ylitarkastajat Ulla-Maija Liski ja Sinikka Koikkalainen sekä Lahden seudun ympäristöpalveluiden ympäristönsuojelutarkastaja Juha Alaluukas. Lisäksi keskusteltiin kolmen Rakennusbetoni- ja Elementti Oy:n työkoneen kuljettajan kanssa. Haastattelut selkeyttivät suunnitelmia huomattavasti, sillä viranomaisten kannat olivat odotettua sallivampia. Saadut kommentit olivatkin erittäin hyödyllisiä Vaihtoehto B -suunnitelman laadinnassa.

## 10.2 Johtopäätökset ja jatkotutkimusehdotukset

Pyrimme suunnitelmissamme esittelemään järjestelmän kokonaisvaltaisen toimivuuden lisäksi myös sen yksityiskohtien rakennetta ja toimintaa, mutta kaikkia teknisiä näkökohtia ei tietenkään voitu käsitellä kovin tarkasti opinnäytetyön laajuuden puitteissa. Niinpä selittämättä jäivät muun muassa biosuodatuksen vuorokausikapasiteetti ja veden käsittelynopeus, altaiden putkien talvikestävyys ja lastausalueen kivipesien tarkemmat sijaintipaikat. Mikäli suunnitelmia toteutetaan, tällaiset kysymykset selviävät viimeistään rakennusvaiheessa.

Rakentamisvaiheeseen jää myös muuta selvitettävää. Esimerkiksi rakentamisen vaaratilanteiden välttämiseksi alueella jo olevien putkien ja kaapelien sijainnit on selvitettävä hyvin tarkasti ennen kuin lastausalueen ja uuden parkkipaikan vesiä voidaan johtaa tontin läpi eteläiselle altaalle. Välipihan halki kulkee myös maakaasuputki, jonka tarkka sijainti ja turvaetäisyydet tulee selvittää putkilinjastoa ylläpitävältä Gasum Oy:ltä.

Erityisen opinnäytetyöstä tekee se, että kohdekiinteistö sijaitsee ensimmäisen luokan pohjavesialueella eikä siellä ole mahdollista johtaa hulevesiä viemäriä pitkin

vesistöön tai muualle, kuten yleensä on tapana tehdä. Molemmat suunnitelmat laadittiin toteutettavaksi vain kiinteistön omalla alueella, mikä tekee niistä kalliimpia ja monimutkaisempia kuin tavanomaisista ratkaisuista. Työn aikana kuitenkin selvisi myös, että kaikkea ei todellakaan tarvitse toteuttaa pahimman tilanteen varalle, vaan voidaan hyvin keskittyä vain ongelmallisimmille alueille.

Hulevesiasioihin on viime aikoina alettu kiinnittää enemmän huomiota kuin menneinä vuosikymmeninä. Vesien mahdollisten epäpuhtauksien ohella trendiin vaikuttaa myös arvio sateiden voimakkuuden lisääntymisestä ilmastomuutoksen myötä. Tämän työn suunnitelmien mitoitus on tehty käyttäen mitoitusasteen intensiteettinä arvoa 150 l/s/ha ja kestonä 10 minuuttia, mutta esimerkiksi suunnittelija konsulttitoimisto Ramboll on käyttänyt omissa selvityksissään selvästi suurempiakin arvoja. Jatkossa järjestelmät tulee siis mitoittaa suuremmiksi kuin nykyisin.

Opinnäytetyön suunnitelmissa ei sinänsä ole kehitetty uusia huleveden käsittelytekniikoita, vaan yhdistelty erilaisia jo käytössä olevia menetelmiä parhaan mahdollisen lopputuloksen saamiseksi. Mahdollisissa jatkoselvityksissä voitaisiin perehtyä tarkemmin tekniikoiden mahdollisiin rajoituksiin ja tehokkuuden optimointiin. Tässä työssä esitettyä karkeaa kustannuslaskelmaa voi myös tarkentaa jatkoselvityksissä.

### 10.3 Työn onnistumisen arviointi

Varsinaisen opinnäytetyön kirjoittaminen aloitettiin keväällä 2013 ja se eteni sujuvasti varsinkin sen jälkeen kun saimme huhtikuussa käyttööme työhuoneen Lahden tiede- ja yrityspuistosta EcoMill-ympäristötehokkuuspajan alaisuudesta. Tiedonhaku, suunnittelutyö, aiheesta keskusteleminen ja tekstin muotoilu oli kätevä toteuttaa normaaleina toimistoaikoina yhteisessä työhuoneessa, joten aikataulusekaannuksia ja yhteydenpitovaikeuksia ei ilmennyt.

Rakennusbetoni- ja Elementti Oy:n kanssa yhteyttä pidettiin sähköpostin lisäksi myös käymällä säännöllisesti paikan päällä Hollolassa sekä omin päin että työn ohjaajien kanssa. Palavereissa keskustelimme yrityksen edustajien kanssa ja esitelimme heille työmme etenemistä, minkä lisäksi havainnoimme tontin eri osien ominaisuuksia omin silmin. Yrityksen toiveita ja ehdotuksia on huomioitu eniten

B-vaihtoehdon suunnitelmassa. Viranomaishaastattelaviin saatiin helposti yhteys sähköpostitse ja haastatteluajankin järjestyivät nopeasti.

Työtä tehdessä yllättävää oli esimerkiksi hulevesien huomattavan suuri laskennallinen määrä, joka saattaa kaikesta huolimatta olla hieman alakanttiin mitoitettu. Suunnitelmia laatiessa kapasiteettikysymyksiä jouduttiin siksi miettimään moneen kertaan ja opittua tietoa soveltamaan kohdetontin oloihin, joten prosessi oli opettavainen kummallekin tekijälle. Nähtäväksi jää, toteutetaanko kohdeyrityksessä suunnitelmiamme tulevina vuosina, mutta työmme voidaan joka tapauksessa katsoa onnistuneen opinnäytetyön vaatimassa laajuudessa.

## LÄHTEET

Ahponen, H. 2005. Luonnonmukaisten hulevedenkäsittelymenetelmien ja alue-suunnittelun keinoin kohti parempaa taajamahydrologiaa. Teoksessa Vakkilainen, P., Kotola, J. & Nurminen, J. (toim.) Rakennetun ympäristön valumavedet ja niiden hallinta. Helsinki: Ympäristöministeriö, 64–77 [viitattu 4.6.2013]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=39235&lan=fi>

Alaluukas, J. 2013. Ympäristönsuojelutarkastaja. Lahden seudun ympäristöpalvelut. Haastattelu 17.6.2013.

Betoni. 2013a. Betoniteollisuus määrinä ja euroina [viitattu 21.5.2013]. Saatavissa: <http://www.betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/betoniteollisuus-maarina-ja-euroina>

Betoni. 2013b. Mitä betonin valmistuksessa tapahtuu [viitattu 21.5.2013]. Saatavissa: <http://www.betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/mita-betonin-valmistuksessa-tehdaan>

Betoniteollisuus ry. 2013. Betonirakenteiden ympäristöominaisuudet [viitattu 22.5.2013]. Saatavissa: [http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=betonirakenteiden%20ymp%C3%A4rist%C3%B6ominaisuudet%20betonikeskus%20ry&source=web&cd=1&ved=0CCsQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.betoni.com%2FDownload%2F22159%2Fwww.BETONIRAKENTEIDEN%2520YMP%25C3%2584RIST%25C3%2596OMINAISUUDETKuv.pdf&ei=V4KcUazaF-G34ATb0oDYCQ&usg=AFQjCNGtbX4aCVcKBEEpAN68sfIxR\\_zTdQ&cad=rja](http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=betonirakenteiden%20ymp%C3%A4rist%C3%B6ominaisuudet%20betonikeskus%20ry&source=web&cd=1&ved=0CCsQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.betoni.com%2FDownload%2F22159%2Fwww.BETONIRAKENTEIDEN%2520YMP%25C3%2584RIST%25C3%2596OMINAISUUDETKuv.pdf&ei=V4KcUazaF-G34ATb0oDYCQ&usg=AFQjCNGtbX4aCVcKBEEpAN68sfIxR_zTdQ&cad=rja)

Cook-Patton, S.C. & Bauerle, T.L. 2012. Potential benefits of plant diversity on vegetated roofs: A literature review. *Journal of Environmental Management* 160 (2012), 85–92 [viitattu 30.7.2013]. Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479712001843>

CTRE (Center for Transportation, Research and Education; Iowa State University). 2007. Popcorn ball pavement: Pervious concrete and porous asphalt [viitattu

4.6.2013]. Saatavissa: [http://www.intrans.iastate.edu/ltap/tech\\_news/2007/jan-feb/pervious\\_pavement.pdf](http://www.intrans.iastate.edu/ltap/tech_news/2007/jan-feb/pervious_pavement.pdf)

Czemiel Berndtsson, J. 2009. Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review. *Ecological Engineering* 36 (2010), 351–360 [viitattu 30.7.2013]. Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857410000029>

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. 2013. Yhteystiedot [viitattu 22.7.2013]. Saatavissa: <http://www.ely-keskus.fi/web/ely/yhteystiedot>

EPA. 2003. After the Storm: A Citizen's Guide to Understanding Stormwater [viitattu 20.5.2013]. Saatavissa: [http://www.epa.gov/npdes/pubs/after\\_the\\_storm.pdf](http://www.epa.gov/npdes/pubs/after_the_storm.pdf)

EPA. 2006. Industrial Stormwater Fact Sheet Series: Sector E: Glass, Clay, Cement, Concrete, and Gypsum Product Manufacturing Facilities [viitattu 22.5.2013]. Saatavissa: [http://www.epa.gov/npdes/pubs/sector\\_e\\_glass.pdf](http://www.epa.gov/npdes/pubs/sector_e_glass.pdf)

EPA. 2008. Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies: Green Roofs [viitattu 6.6.2013]. Saatavissa: <http://www.epa.gov/hiri/resources/pdf/GreenRoofsCompendium.pdf>

EPA. 2009a. Developing Your Stormwater Pollution Preventing Plan: A Guide for Industrial Operators [viitattu 29.5.2013]. Saatavissa: [http://www.epa.gov/npdes/pubs/industrial\\_swppp\\_guide.pdf](http://www.epa.gov/npdes/pubs/industrial_swppp_guide.pdf)

EPA. 2009b. Porous Asphalt Pavement [viitattu 4.6.2013]. Saatavissa: <http://cfpub.epa.gov/npdes/stormwater/menuofbmps/index.cfm?action=browse&Rbutton=detail&bmp=135>

Eskola, R. & Tahvonen, O. 2010. Hulevedet rakennetussa viherympäristössä. HAMK:n julkaisuja 7/2010. Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu.

Facebook. 2013. Rabalder Park, Musicon [viitattu 17.7.2013]. Saatavissa: <https://www.facebook.com/media/set/?set=a.534366153280165.1073741828.4331>

31050070343&type=1#!/media/set/?set=a.534366153280165.1073741828.43313  
1050070343&type=1

Fernandez-Cañero, F., Emilsson, T., Fernandez-Barba, C. & Herrera Machuca, M.Á. 2013. Green roof systems: A study of public attitudes and preferences in southern Spain. *Journal of Environmental Management* 128 (2013), 106–115 [viitattu 31.7.2013]. Saatavissa:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479713003022>

Hallikainen, S. 2011. Piha-alueen korkoasemat, kattopinta-alat, hulevesisuunnitelma 2010. Rakennusbetoni- ja Elementti Oy:n tontin täydennetty karttapohja. Julkaisematon raportti. Rakennusbetoni- ja Elementti Oy.

Hallikainen, S. 2013. Rakennusbetoni- ja Elementti Oy:n ympäristöinsinööri (valokuva nro 11).

Halmemies, S. 2003. Development of a Vacuum-Extraction Based Emergency Response Method and Equipment for Recovering Fuel Spills from Underground. Tampereen teknillinen yliopisto. Väitöskirja [viitattu 31.7.2013]. Saatavissa: <http://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/7025/halmemies.pdf?sequence=3>

Halmemies, S., Gröndahl, S., Nenonen, K. & Tuhkanen, T. 2003. Estimation of the Time Periods and Processes for Penetration of Selected Spilled Oils and Fuels in Different Soils in the Laboratory. *Spill Science & Technology Bulletin* Vol. 8, 451–465 [viitattu 31.7.2013]. Saatavissa:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1353256103000021>

Hunt, W.F. & Doll, B.A. 2000. *Urban Waterways: Designing Stormwater Wetlands for Small Watersheds*. North Carolina State University [viitattu 23.7.2013]. Saatavissa:

<http://www.bae.ncsu.edu/stormwater/PublicationFiles/SWwetlands2000.pdf>

Hätinen, N. 2010. Hulevesien haitta-aineet ja käsittelytarve pohjavesialueella sijaitsevilla teollisuuskiinteistöillä. Helsingin yliopisto, Ympäristötieteiden laitos. Pro gradu -tutkielma. Helsinki: Yliopistopaino. Sähköinen versio saatavissa [viitattu 31.7.2013]:



[http://ymparisto.lahtisbp.fi/easydata/customers/ymparisto/files/kuva/hatinen\\_gradu\\_2010.pdf](http://ymparisto.lahtisbp.fi/easydata/customers/ymparisto/files/kuva/hatinen_gradu_2010.pdf)

Ilmatieteen laitos. 2013a. Lahti, Laune. Sadantatietotaulukko excel-muodossa.

Ilmatieteen laitos. 2013b. Sadetta ja poutaa [viitattu 7.6.2013]. Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/sade>

Kivikopla Oy. 2013. Aco-vesikourujärjestelmät [viitattu 10.6.2013]. Saatavissa: [http://www.kivikopla.fi/pages/aco\\_vesikourut.htm](http://www.kivikopla.fi/pages/aco_vesikourut.htm)

Koikkalainen, S. 2013. Ylitarkastaja. Hämeen ELY-keskus. Haastattelu 13.6.2013.

Komulainen, E. 2012. Hulevesien biosuodatuksen soveltuvuus Suomen ilmasto-oloihin. Aalto-yliopisto, Insinööritieteiden korkeakoulu, Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitos. Teknisen vesitalouden diplomityö [viitattu 14.5.2013]. Saatavissa: <http://civil.aalto.fi/fi/tutkimus/vesi/opinnaytteet/komulainen2012.pdf>

Konsti, S. 2013. Rakennusbetoni- ja Elementti Oy:n edustaja (kuvio nro 14).

Kotola, J. & Nurminen, J. 2005. Kaupunkirakentamisen hydrologiset vaikutukset. Teoksessa Vakkilainen, P., Kotola, J. & Nurminen, J. (toim.) Rakennetun ympäristön valumavedet ja niiden hallinta. Helsinki: Ympäristöministeriö, 12-31 [viitattu 3.6.2013]. Saatavissa: <http://www.environment.fi/download.asp?contentid=39233&lan=fi>

Kuopion kaupunki. 2011. Luonnonmukaiset viheralueet [viitattu 13.5.2013]. Saatavissa: <http://www.kuopio.fi/web/ymparisto/luonnonmukaiset-viheralueet>

Lahden seudun ympäristölautakunta, Hollolan kuntajaosto. 2006. <2006-02701> Ympäristölupahakemus/Rakennusbetoni- ja Elementti Oy [viitattu 31.7.2013]. Saatavissa: [http://www.lahti.fi/www/images.nsf/files/53484C499C268DF3C2257249004BBC44/\\$file/Rakennusbetoni%20ja%20Elementti%20Hollola.pdf](http://www.lahti.fi/www/images.nsf/files/53484C499C268DF3C2257249004BBC44/$file/Rakennusbetoni%20ja%20Elementti%20Hollola.pdf)

Lahti Aqua. 2013. Pohjavedestä juomavedeksi [viitattu 1.5.2013]. Saatavissa:  
<http://www.lahtiaqua.fi/Ymp%C3%A4rist%C3%B6/Pohjavesi/Pohjavedest%C3%A4%20juomavedeksi>

Laki elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksista 897/2009. Saatavissa:  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2009/20090897>

Laki tulvariskien hallinnasta 620/2010. Saatavissa:  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2010/20100620>

Liski, U. 2013. Ylitarkastaja. Hämeen ELY-keskus. Haastattelu 12.6.2013.

Luonnonsuojelulaki 1096/1996. Saatavissa:  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19961096>

Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999. Saatavissa:  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>

Maanmittauslaitos. 2010. Kansalaisen karttapaikka [viitattu 3.6.2013]. Saatavissa:  
<http://kansalaisen.karttapaikka.fi/asetukset/asetukset.html?map.x=573&map.y=850&e=414092&n=6762654&scale=2000&tool=siirra&styles=normal&lang=fi&mode=orto&showSRS=EPSG%3A3067&width=1000&height=1000&tool=siirra&lang=fi&mode=orto>

Malmberg, S. 2008. Iisalmen skeittiparkin kunnostus on tapetilla. Iisalmen Sanomat [viitattu 4.6.2013]. Saatavissa: <http://www.iisalmensanomat.fi/uutiset/ylasavo/iisalmen-skeittiparkin-kunnostus-on-tapetilla/141475>

Mobil. 2013. Mobil EAL™ Hydraulic Oil 32 ja 46 [viitattu 13.6.2013]. Saatavissa: [http://www.mobil.com/Finland-Finnish/Lubes/PDS/EUXXFIINDMOMobil\\_EAL\\_Hydraulic\\_Oil\\_32\\_46.aspx](http://www.mobil.com/Finland-Finnish/Lubes/PDS/EUXXFIINDMOMobil_EAL_Hydraulic_Oil_32_46.aspx)

Moore, T.L. & Hunt, W.F. 2011. Urban Waterways: Stormwater Wetlands and Ecosystem Services. North Carolina State University [viitattu 23.7.2013]. Saatavissa:  
<http://www.bae.ncsu.edu/stormwater/PublicationFiles/WetlandEcosystemServices2011.pdf>

NC State University. 2013. Constructed Stormwater Wetland: Constructed Stormwater Wetland in Boone [viitattu 23.7.2013]. Saatavissa: <http://watauga.ces.ncsu.edu/constructedstormwaterwetland/>

Ontario Ministry of Environment. 2010. What Stormwater Management Involves [viitattu 5.8.2013]. Saatavissa: [http://www.ene.gov.on.ca/environment/en/subject/stormwater\\_management/STD\\_PROD\\_076044.html](http://www.ene.gov.on.ca/environment/en/subject/stormwater_management/STD_PROD_076044.html)

Pajula, H. & Järvenpää, L. (toim.) 2007. Maankuivatuksen ja kastelun suunnittelu: Työryhmän mietintö. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 23 [viitattu 31.7.2013]. Saatavissa: <http://www.ymparistokeskus.fi/download.asp?contentid=74287&lan=fi>

Parikh, P., Taylor, M., Hoagland, T., Thurston, H. & Shuster, W. 2005. Application of market mechanisms and incentives to reduce stormwater runoff: An integrated hydrologic, ecologic and legal approach. *Environmental Science & Policy* 8 (2005), 133–144 [viitattu 31.7.2013]. Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1462901105000080>

Pitt, R., Clark, S. & Field, R. 1999. Groundwater contamination potential from stormwater infiltration practices. *Urban Water* 1 (1999), 217–236 [viitattu 31.7.2013]. Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S146207589900014X>

Poullain, J. 2012. Estimating Storm Water Runoff. Fairfax: PDH Online / PDH Center [viitattu 27.5.2013]. Saatavissa: <http://www.pdhonline.org/courses/h119/stormwater%20runoff.pdf>

Onnistunut pihakivetyys vaatii huolellisen pohjatyön. 2007. Rakentaja [viitattu 5.6.2013]. Saatavissa: [http://www.rakentaja.fi/artikkelit/1030/onnistunut\\_pihakivetyys\\_vaatii.htm](http://www.rakentaja.fi/artikkelit/1030/onnistunut_pihakivetyys_vaatii.htm)

Rakennusbetoni- ja Elementti Oy. 2012a. Yritysesittely. Esittelydiat 12.9.2012 tehdyllä vierailulla.

Rakennusbetoni- ja Elementti Oy. 2012b. Yrityksen toimittamat tiedot tontistaan. Powerpoint-esitys.

Rakennusbetoni- ja Elementti Oy. 2013a. Ympäristöraportti No: 13 [viitattu 1.5.2013]. Saatavissa:  
<http://www.rakennusbetoni.fi/YMPARISTORAPORTTI%202013.pdf>

Rakennusbetoni- ja Elementti Oy. 2013b. Ympäristö – Ympäristöluvat [viitattu 1.5.2013]. Saatavissa (kohdasta Ympäristö → Ympäristöluvat):  
<http://www.rakennusbetoni.fi/>

Rakennusbetoni- ja Elementti Oy:n haastattelut. 2013. Työkoneiden kuljettajat. Haastattelut 11.4.2013.

Ronkainen, N. 2012. Suomen maalajien ominaisuuksia. Helsinki: Ympäristöministeriö [viitattu 16.8.2013]. Saatavissa:  
<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=134704&lan=fi>

Sito Oy. 2013. Hulevesien luonnonmukainen käsittely [viitattu 4.6.2013]. Saatavissa: [http://www.ouka.fi/c/document\\_library/get\\_file?uuid=3baf291b-0885-422d-9743-a1bc4772252a&groupId=139863](http://www.ouka.fi/c/document_library/get_file?uuid=3baf291b-0885-422d-9743-a1bc4772252a&groupId=139863)

Suomen Kuntaliitto. 2012. Hulevesiopas. Helsinki: Suomen Kuntaliitto [viitattu 7.6.2013]. Saatavissa:  
<http://shop.kunnat.net/download.php?filename=uploads/hulevesiopas-2012.pdf>

Suomen ympäristökeskus. 2008. Rankkasateet ja taajamatulvat (RATU). Helsinki: Suomen ympäristökeskus [viitattu 24.5.2013]. Saatavissa:  
<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=94947>

Taipale, I. 2011. Hollolan kunta: Kukonkoivun hulevesiselvitys. Hollola: Ramboll.

Taipale, I. 2012. Hollolan kunta, kuntakeskushanke: Hulevesiselvitys. Hollola: Ramboll [viitattu 27.5.2013]. Saatavissa:  
[http://www.hollola.fi/ymparisto/kaavoitus/Liikekorttelit/liikekeskusta\\_hulevesiselvitys.pdf](http://www.hollola.fi/ymparisto/kaavoitus/Liikekorttelit/liikekeskusta_hulevesiselvitys.pdf)

Teemusk, A. & Mander, Ü. 2007. Rainwater runoff quantity and quality performance from a greenroof: The effects of short-term events. *Ecological engineering* 30, 271-277 [viitattu 31.7.2013]. Saatavissa:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857407000134>

The Engineering Toolbox. 2013. Fluids - Kinematic Viscosities [viitattu 13.6.2013]. Saatavissa: [http://www.engineeringtoolbox.com/kinematic-viscosity-d\\_397.html](http://www.engineeringtoolbox.com/kinematic-viscosity-d_397.html)

Tielaitos. 1997. Päällysteiden suunnittelu. Helsinki: Tiehallinto, tie- ja liikennetekniikka [viitattu 4.6.2013]. Saatavissa:

[http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf2/paallysteiden\\_suunnittelu.pdf](http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf2/paallysteiden_suunnittelu.pdf)

Tiihonen, T. 2007. Rankkasateet ja taajamatulvat (RATU), S1: Hulevesijärjestelmät Suomessa ja kansainvälisesti, nykytila ja kehitystarpeet. SYKE (Suomen ympäristökeskus) [viitattu 11.6.2013]. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=85485&lan=fi>

Turun kaupunki. 2013. Yleistä tietoa hulevesistä [viitattu 3.5.2013]. Saatavissa:

<http://www.turku.fi/public/default.aspx?nodeid=12709&culture=fi-FI&contentlan=1>

Törmänen, E. 2007. Asfaltti saa kovuutta betonista. *Tekniikka & Talous* -lehden verkkosivut [viitattu 4.6.2013]. Saatavissa:

<http://www.tekniikkatalous.fi/rakennus/asfaltti+saa+kovuutta+betonista/a28650>

University of Maryland Extension. 2011. Permeable Pavement Fact Sheet: Information for Howard County, Maryland Homeowners [viitattu 5.6.2013]. Saatavissa (osoitetta kopioidessa poista tavuviiva *garde-ners*-sanankeskeltä):

[http://extension.umd.edu/sites/default/files/\\_docs/programs/master-garde-](http://extension.umd.edu/sites/default/files/_docs/programs/master-garde-)

[ners/Howardcounty/Baywise/PermeablePavingHowardCountyMasterGardeners10\\_5\\_11%20Final.pdf](http://extension.umd.edu/sites/default/files/_docs/programs/master-gardners/Howardcounty/Baywise/PermeablePavingHowardCountyMasterGardeners10_5_11%20Final.pdf)

Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista 214/2007 (liite). Saatavissa:

<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2007/20070214>

Valtonen, M. 2011. Hulevesienkäsittelyn kehittäminen Lappeenrannassa. Saimaan ammattikorkeakoulu, Tekniikan yksikkö. Rakentamisen opinnäytetyö [viitattu 14.5.2013]. Saatavissa: <http://publications.theseus.fi/handle/10024/33173>

Van Renterghem, T. & Botteldooren, D. 2008. Reducing the acoustical façade load from road traffic with green roofs. *Building and Environment* 44 (2009), 1081–1087 [viitattu 30.7.2013]. Saatavissa:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132308001923>

Vesihuoltolaki 119/2001. Saatavissa:

<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20010119>

Vesilaki 264/1961 (kumottu). Saatavissa:

<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/kumotut/1961/19610264>

Vesilaki 587/2011. Saatavissa:

<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110587>

Vilisics, F. & Lehvävirta, S. 2012. Kattoniityt: viherkatot kaupunkialueilla. Teoksessa Klemola, H. (toim.) *Kaupunkiniityt: Elinvoimaa elävästä perinnöstä*. Varsinais-Suomen ELY-keskus, 27–33 [viitattu 6.6.2013]. Saatavissa:

<http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/87872/Kaupunkiniityt.pdf?sequence=3>

Ympäristöministeriö. 2007. D1 Suomen rakentamismääräyskokoelma: Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot: Määräykset ja ohjeet 2007. Helsinki: Ympäristöministeriö [viitattu 14.5.2013]. Saatavissa: [http://www.finlex.fi/data/normit/28208-D1\\_2007.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/28208-D1_2007.pdf)

Ympäristönsuojelulaki 86/2000. Saatavissa:

<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2000/20000086>

## LIITTEET

LIITE 1. STORMWATER-hankkeen yhteydessä saatuja mittaustuloksia Rakennusbetoni- ja Elementti Oy:n tontilta

LIITE 2. Rakennusbetoni- ja Elementti Oy:n tontin nykytilanteen riskikartoituslaskelmia

LIITE 3. Laskelma Rakennusbetoni- ja Elementti Oy:n tontin hulevesien määrästä

LIITE 4. Kustannuslaskelma Vaihtoehto B -suunnitelmalle

LIITE 1. STORMWATER-hankkeen yhteydessä saatuja mittaustuloksia Rakennusbetoni- ja Elementti Oy:n tontilta

Vertailunäytteet on otettu tontin ulkopuolisesta metsämaasta, jonne ei ole johdettu hulevesiä.

Näytteenottoaika	lastausalue		sementtisiilon alla	vertailunäyte		PIMA-ohjearvot	
	0 - 0,5 m	1 - 1,5 m	0 - 0,5 m	0 - 0,5 m	1,0 m	kynnys-arvo	ylempi ohjearvo
kadmium, Cd	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	1	20
kromi, Cr	16	25	14	25	12	100	300
kupari, Cu	15	15	18	7.5	15	100	200
lyijy, Pb	5.6	5.9	4.5	15	2.8	60	750
nikkeli, Ni	8.7	12	8.4	10	6.6	50	150
sinkki, Zn	46	49	38	47	23	200	400

KUVIO 1. Rakennusbetoni- ja Elementti Oy:n tontin raskasmetallipitoisuuksien mittaustulokset, yksikkö **mg/kg ka** (Rakennusbetoni- ja Elementti Oy 2012a; tiedot alun perin koottu lähteestä Hättinen 2010, 33, 64).

Näytteenottoaika	lastausalue		sementtisiilon alla	vertailunäyte		PIMA-ohjearvot	
	0 - 0,5 m	1 - 1,5 m	0 - 0,5 m	0 - 0,5 m	1,0 m	kynnys-arvo	alempi/ylempi ohjearvo
öljyhiilivetyjakeet (C10-C40) yhteensä	26	29	22	140	<10	300	-
keskitisleet (C10-C21)	<10	<10	<10	<10	<10	-	300/1000
raskaat öljyjakeet (C21-C40)	25	26	21	130	<10	-	600/2000

KUVIO 2. Rakennusbetoni- ja Elementti Oy:n tontin öljyhiilivetyjen pitoisuuksien mittaustulokset, yksikkö **mg/kg ka** (Rakennusbetoni- ja Elementti Oy 2012a; tiedot alun perin koottu lähteestä Hättinen 2010, 34, 65).



## LIITE 1. (jatkuu)

Näytteenottoaika	lastausalue		sementtisiilon alla	vertailunäyte		PIMA-ohjearvot	
	0 - 0,5 m	1 - 1,5 m	0 - 0,5 m	0 - 0,5 m	1,0 m	kynnys- arvo	ylempi ohjearvo
<b>PAH-yhdisteet (mg/kg):</b>							
PAH-yhdisteet yht.	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	15	100
antraseeni	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1	15
asenaftteeni	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-
asenaftyleeni	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-
bentso(a)antraseeni	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1	15
bentso(a)pyreeni	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0.2	15
bentso(b)fluoranteeni	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-
bentso(g,h,i)peryleeni	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-
bentso(k)fluoranteeni	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1	15
dibentso(a,h)antraseeni	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-
fenantreeni	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1	15
fluoranteeni	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1	15
fluoreeni	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-
indeno(1,2,3-c,d)pyreeni	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-
kryseeni	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
naftaleeni	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1	15
pyreeni	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-

KUVIO 3. Rakennusbetoni- ja Elementti Oy:n tontin PAH-yhdisteiden pitoisuuksien mittaustulokset, yksikkö **mg/kg ka** (Rakennusbetoni- ja Elementti Oy 2012a; tiedot alun perin koottu lähteestä Hätinen 2010, 36, 64).

## LIITE 2. Rakennusbetoni- ja Elementti Oy:n tontin nykytilanteen riskikartoituslaskelmia

Haitta-ainepäästön suotautumissyvyys maaperässä pystysuorassa suotautumisessa saadaan selville kaavalla (Halmemies ym. 2003, 455–456.)

$$h = \frac{V}{A \cdot R \cdot f} \quad (\text{Kaava 1})$$

jossa  $h$  = suotautumissyvyys [m]

$V$  = vuodon tilavuus [m<sup>3</sup>]

$A$  = vuodon pinta-ala [m<sup>2</sup>]

$R$  = maaperän pidätyskyky [m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>]

$f$  = vuotaneen kemikaalin viskositeettitekijä [laaduton]

Kohdetontin maaperä on soraa, jonka pidätyskyky  $R = 0,004 \text{ m}^3/\text{m}^3$ . Viskositeettitekijä  $f$  on bensiinille 0,5 ja dieselille 2,0. (Halmemies ym. 2003, 456.) Sijoittamalla kaavaan erilaisia arvoja vuodon tilavuudelle ja pinta-alalle voidaan karkeasti arvioida, saavuttaako päästö pohjaveden pinnan, joka on tontilla 24 m syvyydessä.

Kaavasta 1 voidaan johtaa alla esitetty kaava 2, johon voidaan sijoittaa erilaisia vuotojen tilavuuksia  $V$ :n paikalle ja saada selville, mikä vuodon pinta-alan  $A$  tulee vähintään olla, jotta vuoto pidättyisi maaperään ennen pohjaveteen pääsemistään. Syvyyden  $h$  arvoksi asetetaan 24 m ja viskositeettitekijänä  $f$  käytetään arvoa 0,5, sillä se vastaa pahimman skenaarion tilannetta.

$$A = \frac{V}{h \cdot R \cdot f} \quad (\text{Kaava 2})$$

Jos esimerkiksi vuodon tilavuus on  $1 \text{ m}^3$ , sen tulisi olla vähintään  $21 \text{ m}^2$ :n laajuisella alueella, jotta se ei etenisi pohjaveteen asti.  $0,1 \text{ m}^3$ :n päästön tapauksessa niin sanottu turvallinen ala olisi vähintään  $2,1 \text{ m}^2$ . Tyypillinen päästö voisi olla tilavuudeltaan vaik-

LIITE 2. (jatkuu)

kapa  $0,6 \text{ m}^3$ , jolloin päästö saisi olla pienimmillään  $13 \text{ m}^2$  laajuinen. Tällainen tilanne on realistinen, joten riski on olemassa.

Suotautumisnopeus maaperässä voidaan laskea kaavalla (Halmemies ym. 2003, 455.)

$$v_s = \frac{(K \cdot g)}{(v \cdot i) (\theta - R)} \quad (\text{Kaava 3})$$

jossa  $v_s$  = suotautumisnopeus [m/s]

$K$  = maaperän hydraulinen läpäisevyys [ $\text{m}^2$ ], vrt. 1 darcy =  $10^{-12} \text{ m}^2$

$g$  =  $9,81 \text{ m/s}^2$ , maapallon vetovoiman aiheuttama kiihtyvyys

$v$  = nesteen viskositeetti [ $\text{m}^2/\text{s}$ ]

$i$  = gradientti, laaduton (pystysuoralle suotautumiselle 1)

$\theta$  = maaperän huokoisuus, laaduton

$R$  = maaperän pidätyskyky [ $\text{m}^3/\text{m}^3$ ].

Kirjallisuudesta löydetty arvo hiekkaisen soramaaperän hydrauliselle läpäisevyydelle  $K$  on  $10^2$ – $10^5$  darcya. Tässä on käytetty arvoa  $10^3$  darcya eli  $10^{-9} \text{ m}^2$ . Taulukkoarvo soraisen maaperän huokoisuudelle  $\theta$  on noin 25–40 %, joten näissä laskelmissa käytetään kerrointa 0,30. (Halmemies 2003, 26.) Pidättyvyys  $R$  öljytuotteille on sorassa 0,004  $\text{m}^3/\text{m}^3$ . (Halmemies ym. 2003, 456.) Viskositeetteja  $v$  on esitetty taulukossa 1.

TAULUKKO 1: Mahdollisten päästöjen viskositeettien kirjallisuusarvoja (arvot haettu lähteistä The Engineering Toolbox 2013 ja Mobil 2013).

	Viskositeetti [ $\text{m}^2/\text{s}$ ]
Bensiini 95E10	$6,4 \cdot 10^{-7}$
Diesel, kesälaatu	$3,5 \cdot 10^{-6}$
Hydrauliikka 32	$3,2 \cdot 10^{-5}$
Dieselmoottoriöljy	$8,9 \cdot 10^{-5}$
Pakkasneste, glykoli	$1,8 \cdot 10^{-5}$
Vesi	$1,0 \cdot 10^{-6}$

## LIITE 2. (jatkuu)

Näiden tietojen perusteella kaavalla 3 voidaan laskea suotautumisnopeudet. Jakamalla maanpinnan ja pohjaveden välinen etäisyys (24 m) lasketulla nopeudella saadaan selville aika, jonka kuluessa päästö saavuttaa pohjaveden pinnan. Lasketut nopeudet ja ajat on esitetty taulukossa 2.

TAULUKKO 2: Eri haitta-aineiden suotautumisnopeus soramaaperässä sekä aika, jonka kuluessa päästö saavuttaa pohjaveden.

	Suotautumisnopeus	Saavutusaika	
	[mm/s]	[min]	[h]
Bensiini 95E10	52	7,7	0,13
Diesel, kesälaatu	9,5	42	0,7
Hydrauliikka 32	1,0	400	6,7
Dieselmoottoriöljy	0,37	1081	18
Pakkasneste, glykoli	1,8	222	3,7
Vesi	33	12	0,2

### LIITE 3. Laskelma Rakennusbetoni- ja Elementti Oy:n tontin hulevesien määrästä

Mitoitussateen intensiteetti eli rankkuus on tässä 150 l/s/ha ja kesto 10 minuuttia. Vesimäärä, joka sataa tietylle alueelle tämän mitoitussateen aikana, saadaan selville kaavalla

$$V = \frac{A \cdot 150 \cdot 60 \cdot 10 \cdot 0,8}{10\,000 \cdot 1000} = 0,0072 \cdot A \quad (\text{Kaava 1})$$

jossa V on syntyvän huleveden tilavuus [m<sup>3</sup>] ja A on alueen pinta-ala [m<sup>2</sup>].

Yllä olevassa kaavassa eri tekijöiden yksiköt on jätetty merkitsemättä. Intensiteetin yksikkö on l/s/ha, joten osoittajaan sijoitetaan mitoitussateen kesto sekunteina (60·10), kun taas nimittäjään sijoitetaan yhden hehtaarin sisältämä neliömetrimäärä (10 000) ja yhden kuutiometrin sisältämä litramäärä (1000). Osoittajassa huomioidaan myös arvioitu valumakerroin 0,8. Näin A:n kertoimeksi muodostuu 0,0072.

Kaavaan 1 sijoittamalla voidaan laskea arviot Rakennusbetoni- ja Elementti Oy:n tontin eri osa-alueilla muodostuvan huleveden määristä kuutiometreinä. Tarvittavien kaivojen lukumäärä on saatu jakamalla kunkin alueen vesimäärä yhden kaivon kapasiteetilla (3,14 m<sup>3</sup>) ja pyöristämällä tulosta sopivasti. Laskelmien tulokset on esitetty alla taulukossa 1.

TAULUKKO 1: Kohdetontin osa-alueiden pinta-alat, niillä syntyvät vesimäärät ja kulakin alueella tarvittavien kaivojen lukumäärä.

	Pinta-ala (m <sup>2</sup> )	Vesimäärä (m <sup>3</sup> )	Kaivojen lkm
Lastausalue	10 200	73,5	24
Välipiha	6 000	43,2	14
Eteläreuna	2 200	15,9	5
Uusi pys.alue	2 500	18	6

#### LIITE 4. Kustannuslaskelma Vaihtoehto B -suunnitelmalle

Kustannuslaskelmassa esitetyt hinta-arviot ovat hyvin karkeita. Taulukossa ei ole huomioitu rahteja eikä välivarastointeja. Asentamisen tai rakentamisen aikaiset erikoiskustannukset on niin ikään jätetty pois. Näitä ovat esimerkiksi hulevesialtaan kasvit, parkkipaikan reunamaisemointi, louhinta- ja räjäytystyöt, isot kivet, viranomaismaksut, tarkemmat rakennussuunnitelmat, maamassojen poiskuljetukset sekä parkkipaikan valaistus ja lämmitystolpat.

Tuote / Kohde	Ovh hinta		Määrä		Yht. (€)	Arvio kustannuksista (€)	Lähde
<b>Lastausalue</b>							
Kaivuu- ja maansiirtotyöt	185		320	h	59 200	60 000	8
Kivipesien materiaali 100 mm	20		200	m <sup>3</sup>	4000	4000	5
Murske lastauspihan pinnalle	15		1100	m <sup>3</sup>	16 500	16 500	5
Yhteensä					79 700	<b>80 500</b>	
<b>Välipiha</b>							
Laatoituksen pihakivi	22	€/m <sup>2</sup>	550	m <sup>2</sup>	12 100	12 100	7
Hulevesialtaan kumi 9,15x1 m	98,1	€/9,15m <sup>2</sup>	4	kpl	392	400	4
Hiekan- ja öljynerotuskaivo, betoni 3,14 m <sup>3</sup>	800	€/kpl	1	kpl	800	800	3
Salaojaputki SN8 110/95	23,1	€/kpl	4	kpl	92	100	1
Kaivuu- ja maansiirtotyöt	140	€/h	80	h	11 200	15 000	8
Kivetyksen asennus	140	€/h	80	h	11 200	15 000	9
Yhteensä					35 784	<b>43 400</b>	

Tuote / Kohde	Ovh hinta		Määrä		Yht. (€)	Arvio kustannuksista (€)	Lähde
<b>Parkkipaikka ja allas</b>							
Salaojaputki SN8 110/95	23,1	€/kpl	54	kpl	1247	1300	1
Sadevesiputki SN8 315	310	€/kpl	10	kpl	3100	3100	2
Hiekan- ja öljynerotuskaivo, betoni 3,14m <sup>3</sup>	800	€/kpl	3	kpl	2400	2400	3
Hulevesialtaan kumi (Firestone) 9,15x1 m	98,1	€/9,15m <sup>2</sup>	18	m	1766	1800	4
Firestone-kumimatto, parkkipaikan katko 15,25x1 m	11	€/m <sup>2</sup>	2800	m <sup>2</sup>	30 800	30 800	4
Sora parkkipaikan alle, 55–100 mm	20	€/m <sup>3</sup>	1700	m <sup>3</sup>	34 000	35 000	5
Putkiston asennussora 0–6 mm	20	€/m <sup>3</sup>	60	m <sup>3</sup>	1200	1200	5
Reunakivi 1000 mm	17	€/m	142	m	2414	2500	6
Reikäkivilaatta	22	€/m <sup>2</sup>	2800	m <sup>2</sup>	61 600	61 600	7
Kaivuu- ja maansiirtotyöt	140	€/h	160	h	22 400	30 000	8
Kivetyksen asennus	140	€/h	160	h	22 400	30 000	9
Yhteensä					183 327	<b>199 700</b>	

Lastausalueen kustannusten arvioidaan siis olevan noin 80 500 euroa, välipihan noin 43 400 euroa ja tontin eteläreunan alueen noin 199 700 euroa. Yhteensä B-suunnitelman hinnaksi arvioidaan siis pyöristettynä noin 324 000 euroa.

#### LIITE 4. (jatkuu)

##### Lähteet hinta-arvioille

Hinnat on laskettu oheisten sivujen mukaan. Hinnat ovat ohjevähittäishintoja (ovh) ja sisältävät Suomessa käytetyn arvonlisäveron 24 %.

- 1) <http://www.taloon.com/salaojaputki-tupla-sn8-110-95mm-6m/LVIN-2518202/dp?openGroup=1154>
- 2) <http://www.taloon.com/sadevesiputki-315x6000mm-tupla-sn8/LVI-2511007/dp?openGroup=1155>
- 3) [http://www.e-betoni.fi/product\\_catalog.php?c=17&gclid=CMzqvezM2bgCFaF3cAod7hQAcQ](http://www.e-betoni.fi/product_catalog.php?c=17&gclid=CMzqvezM2bgCFaF3cAod7hQAcQ)
- 4) <http://vesilahde.fi/allasmuovi-ja-kumi/114-allaskumi-firestone-1220-m-leveana.html>
- 5) <http://www.rakennusbetoni.fi/PDF/Sorahinnat%202013.pdf>
- 6) <http://www.rudus.fi/tuotteet/pihakivituotteet/upotettavat-betonireunakivet/13732/upotettava-reunakivi-300-mm>
- 7) [http://www.kivikopla.fi/pdf/Kivikopla\\_Betonituotteet\\_2013.pdf](http://www.kivikopla.fi/pdf/Kivikopla_Betonituotteet_2013.pdf)
- 8) Kone ja kuljettaja sekä apumies (oma arvio)
- 9) Asennus, neljä työmiestä (oma arvio)