

FCG Finnish Consulting Group Oy

Kuopion kaupunki

KUNTOLAAKSON ALUEEN TULVARISKIKARTOITUS



Loppuraportti

P15033

9.6.2011

9.6.2011

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	1
1.1	Suunnittelualueen sijainti	1
1.2	Suunnittelun lähtökohdat ja tavoitteet.....	1
1.3	Työryhmä	2
2	SUUNNITTELUALUEEN NYKYTILA.....	3
2.1	Maankäyttö.....	3
2.2	Maaperä ja pinnanmuodot	3
2.3	Valuma-alue ja virtausreitit.....	5
2.4	Mustinlampi	6
3	SUUNNITELLUN MAANKÄYTÖN HYDROLOGISET VAIKUTUKSET	8
3.1	Suunniteltu maankäyttö	8
3.2	Vaikutukset hulevesien muodostumiseen.....	8
4	HULEVESIMALLINNUS JA TULVATARKASTELUT	10
4.1	Hulevesimallin kuvaus.....	10
4.2	Mitoitustiedot.....	11
4.3	Hulevesiviemäriverkoston tarkastelut.....	13
4.4	Mustinlammen tulvatarkastelut.....	13
5	GEOTEKNISET TARKASTELUT	17
5.1	Tehdyt tarkastelut ja niiden tulokset	17
5.2	Suosittelut jatkotoimenpiteet.....	18
6	SUOSITELLUT RATKAISUVAIHTOEHDOT.....	19
6.1	Hulevesien hallinnan periaatteet.....	19
6.2	Hulevesien hallintamenetelmät yleisesti.....	20
6.3	Suosituksien hulevesien hallintaratkaisuksi.....	24
7	YHTEEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	27

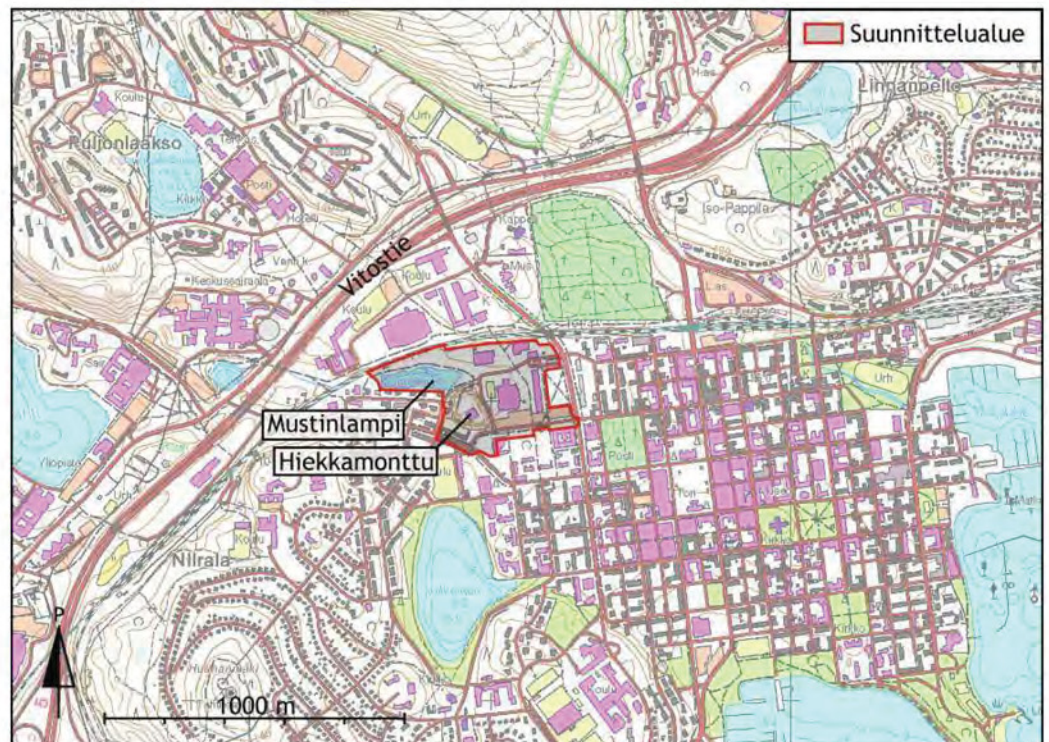
LIITTEET:

Liite	Piirustusnumero	Nimi	Mittakaava	Päiväys
Liite 1	VHT-P15033-201	Valuma-aluekartta, Mustinlammen laskuajan valuma-alue nykytilassa	1:5000 (A2)	9.6.2011
Liite 2	VHT-P15033-202	Tulvakartta, Mustinlammen ympäristö	1:2000 (A2)	9.6.2011
Liite 3	VHT-P15033-203	Yleissuunnitelmakartta, hulevesien hallinta Kuntolaaksossa	1:1000 (A1)	9.6.2011
Liite 4		Kannaksen vakavuustarkastelu, skenaario 0	-	21.4.2011
Liite 5		Kannaksen vakavuustarkastelu, skenaario 1	-	3.5.2011
Liite 6		Kannaksen vakavuustarkastelu, skenaario 2	-	3.5.2011
Liite 7		Kannaksen vakavuustarkastelu, skenaario 3		13.5.2011
Liite 8		Kannaksen suotautumistarkastelu	-	4.5.2011

9.6.2011

**KUOPION KAUPUNKI
KUNTOLAAKSON ALUEEN TULVARISKIKARTOITUS****1 JOHDANTO****1.1 Suunnittelualueen sijainti**

Työn suunnittelualue sijaitsee Kuopion kaupungin keskustan länsipuolella Niiralan kaupunginosassa, Kuntolaakson kaava-alueella. Suunnittelualue rajoittuu pohjoisessa ja lännessä Vitostiehen, idässä Puistokatuun ja Karjalankatuun, ja etelässä Suokatuun ja Niiralankatuun. Alueen länsireunassa sijaitsee Mustinlampi. Suunnittelualueen sijainti ja rajausta on esitetty *kuvassa 1*.



Kuva 1. Suunnittelualueen sijainti ja rajausta.

1.2 Suunnittelun lähtökohdat ja tavoitteet

Kuopion keskusta-alueen länsipuolella sijaitsevalla Kuntolaakson alueella on käynnistymässä asemakaavan tarkistustyö, jonka tavoitteena on osoittaa alueelle sekä täysin uutta rakentamista että olemassa olevan rakennuskannan merkittävää täydentämistä. Erityisesti kaavan tarkistamisen tavoitteena on osoittaa uutta rakentamista Hannes Kolehmaisenkadun länsipuoleiseen vanhaan, 1870-luvulla kaivettuun hiekkakuoppaan. Yhtenä vaihtoehtona hiekkakuoppaan on luonnosteltu pysäköintitaloa sekä sen yhteyteen hotellia, asuntoja ja liikuntatiloja.

Hiekkakuopan luoteispuolella sijaitsee Mustinlampi, joka on savikerrostuman päälle muodostunut suppalampi. Mustinlammen ja hiekkakuopan erottaa toisistaan ainoastaan kapea kannas, ja lisäksi lampi sijaitsee selvästi hiekkakuopan pohjaa korkeammalla tasolla. Vuonna 1973 Mustinlammen vedet alkoivat tulvatilanteessa vuotaa kannaksen yli ja uhkasivat valua hiekkakuoppaan. Tapahtuman jälkeen kannasta on vahvistettu ja korotettu, minkä lisäksi hiekkakuoppaan on täytetty. Näiden parannustöiden jälkeen tulvaongelmia ei ole esiintynyt, mutta alueen rakentaminen edellyttää Mustinlammen lähialueen tulvariskien arviointia.

9.6.2011

Tässä työssä on laadittu Kuntolaakson alueen tulvariskikartoitus, jossa on selvitetty hulevesimallinnusta hyödyntäen kohdistuuko alueeseen hulevesitulvariskejä ja miten ne ovat hallittavissa. Työn aluksi täsmennettiin Mustinlammen valuma-alueen rajausta ja määritettiin sen osavaluma-alueet ja hydrologiset ominaisuudet. Valuma-alue selvityksen perusteella laadittiin Mustinlammen valuma-alueesta monipuolinen hulevesimalli, jolla määritettiin alueella muodostuvat hulevesivirtaamat, tarkasteltiin Mustinlammen käyttäytymistä rankkasadetilanteissa ja arvioitiin suunnitellun maankäytön vaikutuksia Mustinlammen tulvimiseen. Lisäksi Mustinlammen ja hiekkakuopan välisestä kannaksesta laadittiin geotekniset vakavuus- ja suotautumistarkastelut, joissa huomioitiin myös tulvatilanteet.

Työn painopiste on ollut Mustinlammen tulvakäyttäytymisen mallintamisessa ja hiekkakuopan pohjoisreunan kannaksen geoteknisissä tarkasteluissa. Tulvariskien arvioinnin jälkeen laadittiin Kuntolaakson alueelle hulevesien hallinnan yleissuunnitelma, jolla tavoitellaan tulvariskien pienentämisen ohessa myös alueen hulevesien laadun parantamista.

1.3 Työryhmä

Selvitys on tehty konsulttityönä FCG Finnish Consulting Group Oy:ssä, jossa työhön osallistuivat projektipäällikkönä ja hulevesiasiantuntijana dipl.ins. Perttu Hyöty ja hulevesisuunnittelijana dipl.ins. Hannes Björninen; geoteknisenä asiantuntijana ja laadunvarmistajana dipl.ins. Matti Honkaniemi ja geoteknisenä suunnittelijana dipl.ins. Lauri Sipilä. Lisäksi projektipäällikön varamiehenä ja paikallisena asiantuntijana on toiminut ins.AMK. Tomi Puustinen.

Työn tilaaja on Kuopion Kaupunki, Kaupunkiympäristön suunnittelupalvelut, Kunnallistekninen suunnittelu ja tilaajan yhteyshenkilö suunnitteluinsinööri Hanna Myllynen. Lisäksi tilaajan ohjausryhmään ovat kuuluneet:

- Pauli Sonninen, Kuopion kaupunki
- Paula Liukkonen, Kuopion kaupunki
- Jorma Rusanen, Kuopion kaupunki
- Hanna Reijonen, Kuopion Vesi
- Reima Lassila, Kuopion energia

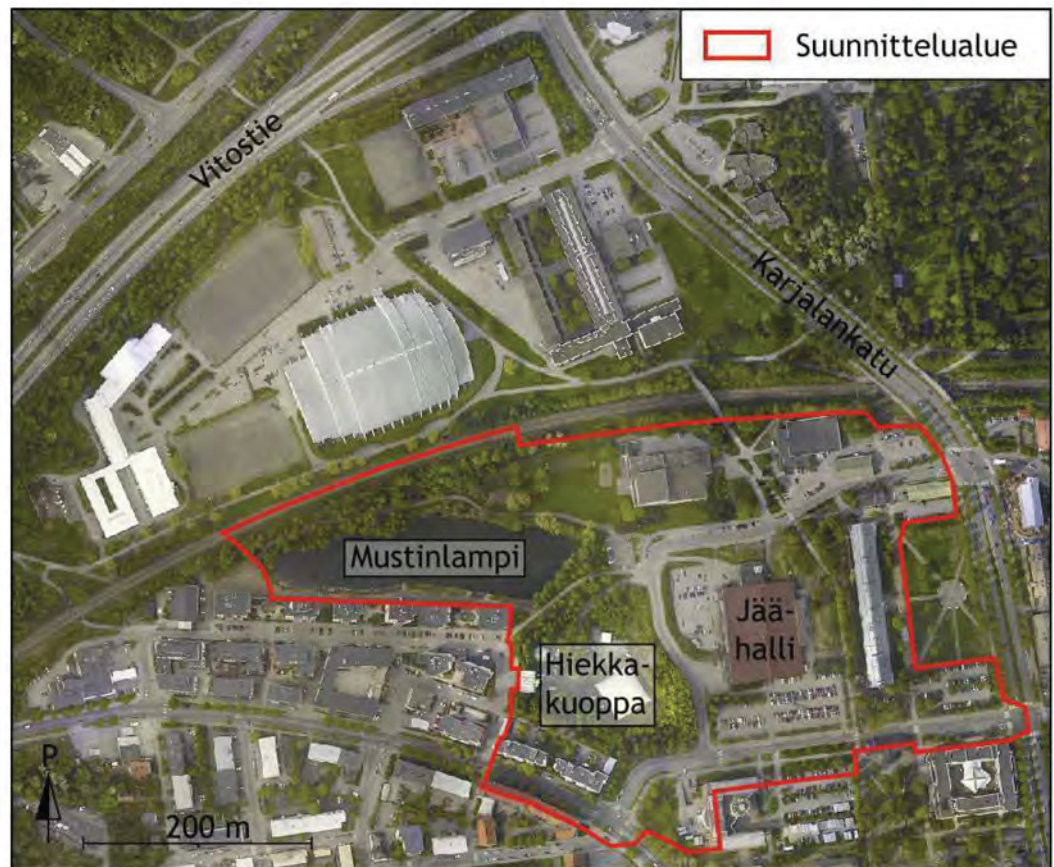
9.6.2011

2 SUUNNITTELUALUEEN NYKYTILA

2.1 Maankäyttö

Kuntolaakson alueen nykyinen maankäyttö muodostuu pääosin urheiluhalleista, kouluista, oppilaitoksista ja muista julkisista rakennuksista. Alueen läpi kulkee itä-länsi-suunnassa Helsinki–Kuopio-rautatie, jonka eteläpuolelle sijoittuu tässä työssä tarkastelun kohteena oleva Mustinlampi lähialueineen.

Mustinlammen itäpuolelle sijoittuvat mm. jää-, keila- ja uimahallit laajoine pysäköintialueineen ja lammen eteläpuolella on Pyöräkadun kerrostalokortteleita. Mustinlampi rajoittuu kaakkoiskulmastaan hiekkamonttuun, johon on nykyisin sijoitettu pienikokoinen kuplahalli ja Kuopion Energian lämpövoimala. Voimala tulee todennäköisesti toimimaan nykyisellä paikallaan vielä pitkän aikaa, mutta kuplahalli tulee väistymään, mikäli alueelle suunniteltu maankäyttö toteutuu. Alueen nykyistä maankäyttöä on havainnollistettu *kuvassa 2*.

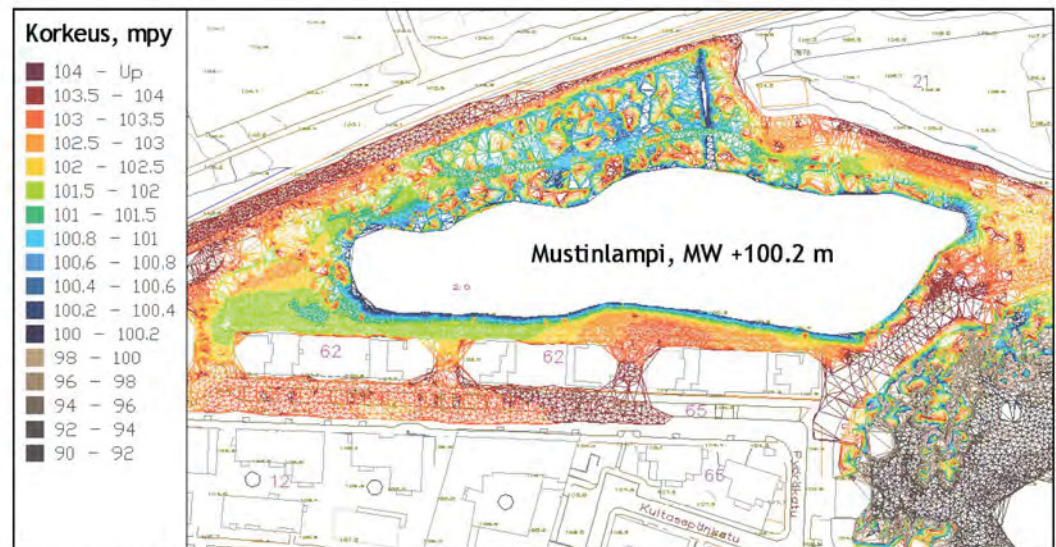


Kuva 2. Suunnittelualueen nykyinen maankäyttö ortoilmakuvassa.

2.2 Maaperä ja pinnanmuodot

Hiekkamontun luoteispuolella sijaitsee Mustinlampi, joka on savikerrostuman päälle muodostunut suppalampi. Mustinlammen erottaa hiekkamontusta vain kapea kannas, minkä lisäksi lampi sijaitsee selvästi hiekkamonttua korkeammalla tasolla. Alueen korkeussuhteita on havainnollistettu *kuvassa 3*, jossa on esitetty ote Mustinlammen ympäristöstä laaditusta maastomallista. Maastomallia hyödynnettiin lammen tulvavesien leviämisen arviointiin.

9.6.2011



Kuva 3. Ote Mustinlammen ympäristöstä laaditusta maastomallista.

Kuvasta 3 nähdään, että Mustinlammen ympäristössä alavimmat alueet (< 102.00 m) sijoittuvat lammen pohjois- ja länsirannoille, mutta näitä rajaa voimakkaasti pohjoisessa rautatien pengeri. Etelässä Mustinlammen ranta on jyrkkäpiirteisempi rajautuen Pyöräkadun kerrostalokortteleihin.

Mustinlammen kaakkoiskulmassa lammen erottaa hiekkamontusta kannas, jonka laen korkeus nousee Hannes Kolehmainen kadun liittymän kohdalta tasosta +102.5 lämpövoimalaa kohti noin tasoon +105.0 m. Hiekkakuopan pohja on likimain tasossa +90.5. Kannaksen leveys sen harjalla on noin 10–15 metriä ja sen juuressa 40–50 metriä. Pohjatutkimusten perusteella kannas on tiivistä moreenia ja hiekkaa. Lisäksi kannasta on joiltain osin vahvistettu louheella.



Kuva 4. Hiekkakuoppa kuvattuna kuopan ja Mustinlammen väliseltä kannakselta etelään.¹

¹ Kuva: FCG Finnish Consulting Group Oy

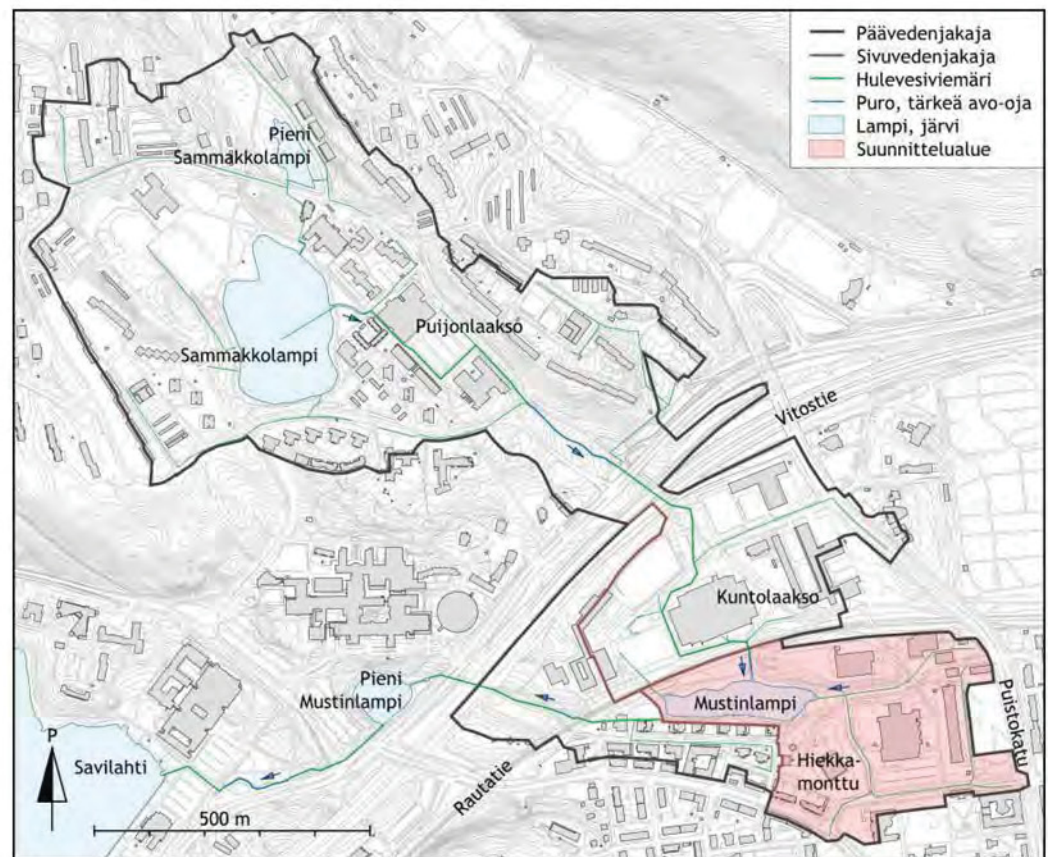
9.6.2011

Kuvassa 4 näkyy hiekkakuopan pohjalla nykytilanteessa sijaitseva kuplahalli ja sinne johtava huoltotie. Kuvan oikeaan reunaan puiden katveeseen sijoituu Kuopin Energian lämpövoimala. Kannaksen harjalla kulkee merkittävä kaukolämpölinja (2 x 630 mm Du), mikä pitää huomioida suunnittelussa.

2.3 Valuma-alue ja virtausreitit

Työn aluksi laadittiin Mustinlammen valuma-alueetarkastelu, jossa tarkistettiin päävaluma-alueen rajausta ja jaettiin se 19 osavaluma-alueeksi kartta-aineiston ja hulevesiviemäriverkostokartan perusteella. Valuma-alueetarkasteluun otettiin mukaan myös Mustinlammen purkureitti Vitostiehen asti, jotta se voitiin huomioida myöhemmin hulevesimallinnuksessa. Näin ollen koko tarkasteltavan valuma-alueen pinta-alaksi muodostui noin 100 hehtaaria, josta Mustinlammen valuma-alueen osuus on noin 90 hehtaaria.

Valuma-alueen halki kulkee lounais-koillissuunnassa Vitostie (VT5), joka jakaa alueen kahdeksi erilliseksi kokonaisuudeksi: Puijonlaakson ja Kuntolaakson alueiksi. Tarkasteltu valuma-alue ja tärkeimmät virtausreitit on esitetty pääpiirteissään kuvassa 5. Yksityiskohtaisemmin valuma-aluetta on kuvattu liitteenä 1 olevassa valuma-aluekartassa.



Kuva 5. Tarkasteltu valuma-alue ja tärkeimmät virtausreitit.

Vitostien pohjoispuoleiseen, 60 hehtaarin laajuiseen valuma-alueen osaan sijoittuu Puijonlaakson keskusta ja valtaosa sitä ympäröivästä asuinalueesta. Alueen keskellä sijaitsevat myös Sammakkolampi (4,5 ha) ja Pieni Sammakkolampi (0,5 ha), joiden lähivaluma-alue on yhteensä noin 38 hehtaaria. Sammakkolammen itäreunasta alkaa lammen laskuoja, joka on johdettu Puijonlaakson keskustan läpi Kiekkotien ja Sammakkolammentien hulevesiviemäreillä (400 B) kaakkoon. Hulevesiviemäri purkaa Mallitalontien itäpuoleiseen painanteeseen, joka päättyy Vitostien alittavan, Kuntolaaksoon

9.6.2011

johtavan kevyenliikenteen alikulkutunnelin kohdalle. Tästä hulevedet johdetaan Vitostien ali Kuntolaaksoon voimakkaasti viettävällä 500 B hulevesiviemärillä.

Vitostien eteläpuolelle nk. Kuntolaaksoon sijoittuu Mustinlammen valuma-alueesta noin 30 hehtaarin alue. Alueen maankäyttö muodostuu pääosin urheiluhalleista, kouluista, oppilaitoksista ja muista julkisista rakennuksista. Alueen läpi kulkee itä-länsi-suunnassa Helsinki-Kuopio-rautatie, jonka eteläpuolelle sijoittuu tässä työssä tarkastelun kohteena oleva Mustinlampi sekä suurin osa Kuntolaakson suunnitellusta täydennysrakentamisesta. Kuntolaakson alueen hulevedet johdetaan Mustinlampeen pääosin kahta reittiä, jotka ovat lampeen pohjoisesta laskeva Sammakkolammen laskuoja sekä idästä lampeen purkava Hannes Kolehmainen kadun hulevesiviemäri (400–600B). Mustinlampi purkaa lounaiskulmastaan hulevesiviemäriin (1000 mm B/T), joka jatkuu rautatien ja Vitostien ali Pieni Mustinlampeen ja tästä edelleen Savilahteen.

2.4 Mustinlampi

Mustinlampi on savikerrostuman päälle muodostunut suppalampi, joka on syntynyt jääkauden aikana hautautuneen jäälohkareen sulettua. Mustinlammen pinta-ala on noin 1,6 hehtaaria, keskisyvyys 2,9 m, suurin syvyys 5,5 m ja tilavuus noin 46 000 m³. Lammen etelärannalle on 2000-luvun alussa rakennettu asuinkerrostaloja, minkä yhteydessä lampea on hieman täytetty ja ruopattu.² Mustinlampi koillisesta nähtynä on *kuvassa 6*.



Kuva 6. Mustinlampi koillisesta nähtynä.¹

Mustinlammen vedenpinnan keskikorkeudesta on vaihtelevia tietoja. Peruskartassa korkeudeksi on ilmoitettu +100.2 m, Kuopion pienvesien hoito- ja kunnostusohjelmassa +100.4 m ja joissain paikkatietojärjestelmissä suullisen tiedon mukaan +100.6 m. Lammen vedenpinnan vaihteluista ei ole tehty säännöllisiä mittauksia, joten vaihteluväli ei ole selvillä. Mustinlammen purkupiste sijaitsee sen lounaiskulmassa. Purkuratkaisu muodostuu viisteytystä teräksisestä 1000 mm hulevesiviemäristä ja tämän suulle asennetusta harvasta välpistä. Mustinlammen purkupiste on esitetty *kuvassa 7*.

² Kuopin kaupunki, 2007. Kuopion pienvesien hoito- ja kunnostusohjelma.

9.6.2011



Kuva 7. Mustinlammen purkupiste.¹

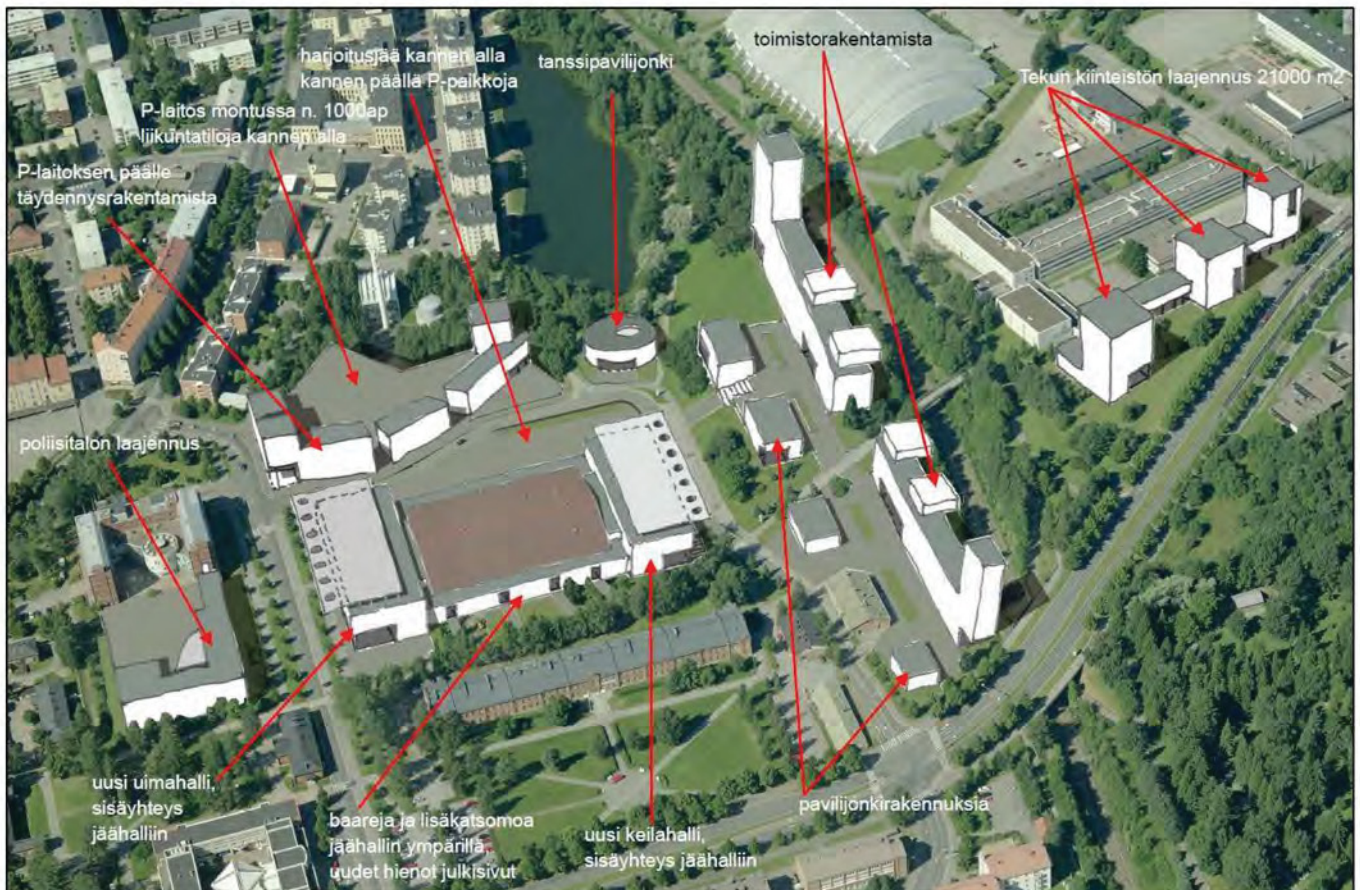
Pienvesien hoito- ja kunnostusohjelmassa² Mustinlammen vedenlaatu on todettu melko huonoksi. Alusvedessä on happea yleensä hyvin vähän ja toisinaan happi loppuu kokonaan. Vähäisestä hapesta johtuen lammen fosforipitoisuudet saattavat kohota varsin korkeiksi. Myös typpipitoisuudet on havaittu suuriksi. Etenkin tiealueiden hulevesien vaikutus näkyy korkeina suolapitoisuuksina. Kesäaikaisten pintaveden fosfori- ja klorofylli-a pitoisuuksien nojalla Mustinlampi luokitellaan reheväksi tai erittäin reheväksi.

9.6.2011

3 SUUNNITELLUN MAANKÄYTÖN HYDROLOGISET VAIKUTUKSET

3.1 Suunniteltu maankäyttö

Kuntolaaksoon on ideoitu mittavaa maankäytön täydentämistä ja täysin uusiaakin toimintoja, mitä on havainnollistettu yleispiirteisesti kuvassa 8. Lämpövoimala tulisi säilymään, mutta hiekkamontun muihin osiin on yhtenä vaihtoehtona luonnosteltu pysäköintitaloa sekä sen yhteyteen hotellia, asuntoja ja liikuntatiloja.



Kuva 8. Idealuonnos Kuntolaakson alueen tulevasta maankäytöstä.³

3.2 Vaikutukset hulevesien muodostumiseen

3.2.1 Valuma-alueet ja -reitit

Suunnittelualueen rakentamisella on vain vähäisiä vaikutuksia Mustinlammen valuma-alueen rajaukseen. Suurin muutos on, että nykytilassa jäähallin tontin hulevedet vedet on johdettu suurelta osin Hannes Kolehmainen kadun länsipuoleiseen hiekkamonttuun, mutta tulevassa tilanteessa jäähallin tontin vedet, kuten nykyisen hiekkamontunkin kohdalla muodostuvat hulevedet, johdetaan Mustinlampeen. Tämä kasvattaa Mustinlammen valuma-aluetta hieman, mutta muilta osin valuma-alueen muutokset ovat vähäisiä ja riippuvat pääasiassa Tekun ja Poliisitalon laajennusten vesien johtamisreiteistä. Valuma-alueen sisälle jäävät pienemmät sivuvedenjakajat voivat hieman muuttua alueiden kuivatuksen myötä, mutta tällä ei ole merkittävää vaikutusta alueen tulvariskeihin eikä alueella esiintyviin hulevesivirtaamiin.

³ Kuopion kaupunki, kaavoitusosasto, Janne Repo; Jäähallin ympäristön täydennysrakentaminen, idealuonnos 27.5.2010.

9.6.2011

3.2.2 Läpäisemättömien pintojen määrä ja laatu

Suunnittelualueen rakentamisen hydrologiset vaikutukset arvioitiin läpäisemättömien pintojen perusteella, koska niiltä muodostuu suurin osa hulevesistä. Läpäisemättömistä pinnoista merkittävimpiä ovat kattopinnat, koska ne ovat usein kytketty suoraan tontin kuivatusjärjestelmään. Lisäksi kattojen kaltevuus on muita rakennettuja pintoja suurempi ja virtausvastus pieni, etenkin peltikatoilla. Näin ollen kattovedet johtuvat nopeasti syöksyputkien kautta hulevesiviemäriverkkoon tai maan pinnalla oleviin hulevesikouruihin ja edelleen osavaluma-alueen purkupisteeseen.

Valuma-alueilta määritettiin läpäisemättömien pintojen kokonaismäärä, jota on kuvattu kaupunkihydrologiassa yleisesti käytetyllä käsitteellä *Total Impervious Area* (TIA). Siinä vettä läpäisevienkin pintojen ajatellaan olevan osittain läpäisemättömiä eli esimerkiksi läpäiseviltä nurmipinnoilta muodostuu myös jonkin verran välitöntä hulevesivaluntaa. Tämä pätee etenkin rankkasadetilanteissa, joissa läpäisevät pinnat eivät kykene imemään kaikkea niille satavaa vettä.

Läpäisemättömien pintojen määrän lisäksi on huomioitava myös rakentamisen myötä parantuva pintojen laatu sekä tehostunut hulevesien keräys ja johtaminen, jotka lopulta ratkaisevat alueelta purkautuvien hulevesien määrän ja virtaaman. Pintojen laadun paraneminen pienentää pintojen painanteisiin varastoituvan veden, eli painannesäilynnän määrää. Rakentamisen myötä pinnat tasoittuvat, niiden kaltevuudet kasvavat ja päällystämättömätkin pinnat tiivistyvät kulutuksesta johtuen, mitkä kaikki nopeuttavat valunnan kertymistä ja pienentävät häviöitä. Esimerkiksi luonnontilainen alue voi pidättää jopa 10 mm sademäärän, kun taas uusi asfalttipinta pidättää vain alle millimetrin. Tarkasteluissa käytetyt läpäisemättömän pinnan osuudet (TIA) ja painannesäilynnän ominaisarvot erilaisille pinnoille on koottu *taulukko 1*.

Taulukko 1. Tarkasteluissa käytetyt rankkasadetilanteissa pätevät pintojen TIA-arvot sekä painannesäilynnän ominaisarvot.

Pinta	TIA	Painannesäilyntä
<i>katto</i>	100 %	0 mm
<i>asfaltti</i>	95 %	0,5 mm
<i>kiveys, laatat, sora</i>	40 %	2 mm
<i>viherpinta, maa</i>	20 %	6 mm
<i>metsä, puisto</i>	10 %	10 mm

Taulukossa 1 esitettyjen ominaisarvojen ja alustavien maankäyttötietojen perusteella määritettiin läpäisemättömien pintojen kokonaismäärät (TIA) nykytilanteessa ja rakentamisen jälkeen. Nykytilanteessa Kuntolaakson alue sisältää runsaasti vettä läpäisemättömiä pintoja, mutta alue on silti osittain varsin väljästi rakennettua, puistomaista ja urheilukentät hiekkapintaisia. Nykytilassa Kuntolaaksossa, osavaluma-alueilla 1.6–2.7, on läpäisemättömiä pintoja noin 45 %.

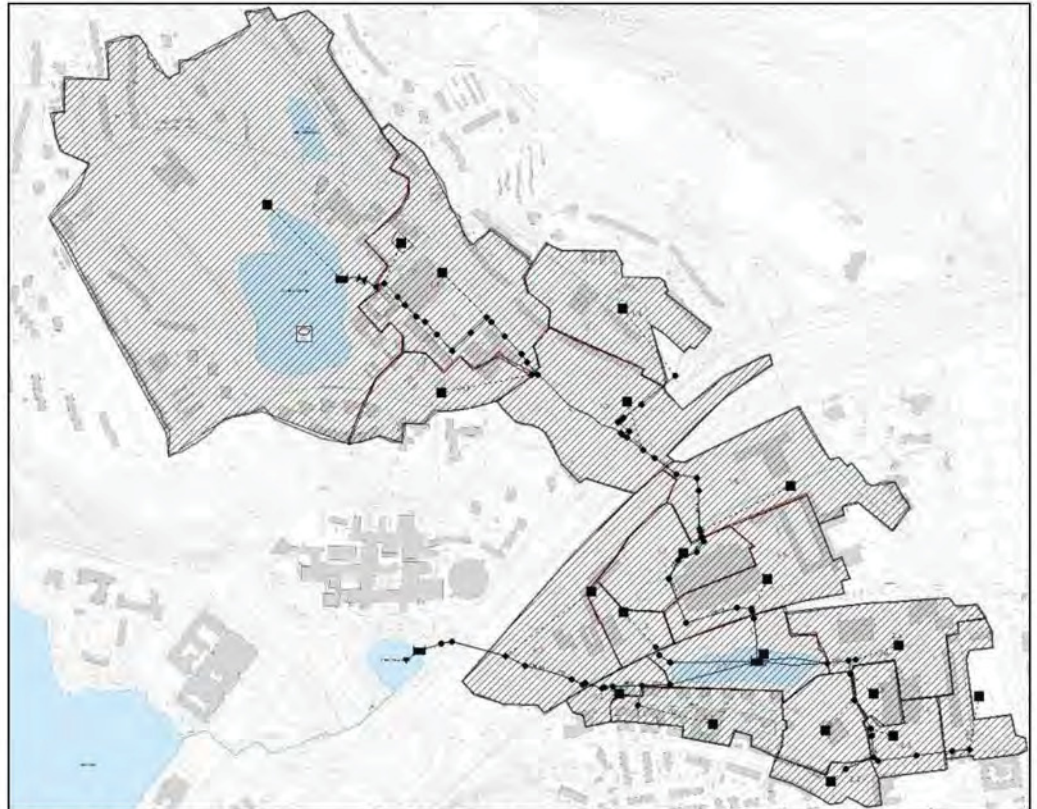
Suunnittelun maankäytön mukaisessa tilanteessa Kuntolaakson alueesta nykyistä suurempi osa muodostuu kattopinnoista ja pysäköintialueista. Kuntolaaksossa, osavaluma-alueilla 1.6–2.7, läpäisemättömiä pintoja on tällöin keskimäärin noin 60–65 %. Jos tarkastellaan vain Hannes Kolehmainen kadun valuma-aluetta (osavaluma-alueet 2.1–2.6), läpäisemättömien pintojen osuus on tätä suurempi, noin 70–85 % korttelista riippuen.

9.6.2011

4 HULEVESIMALLINNUS JA TULVATARKASTELUT

4.1 Hulevesimallin kuvaus

Suunnittelualue mallinnettiin U.S. EPA:n SWMM -ohjelmalla (United States Environmental Protection Agency: Storm Water Management Model), joka sisältää hulevesien muodostumista kuvaavan hydrologinen valuma-aluemallin sekä virtausreittejä kuvaavan hydraulisen mallin. Hulevesimallin rakennetta on havainnollistettu kuvassa 9.



Kuva 9. Ote rakennetusta SWMM-hulevesimallista.

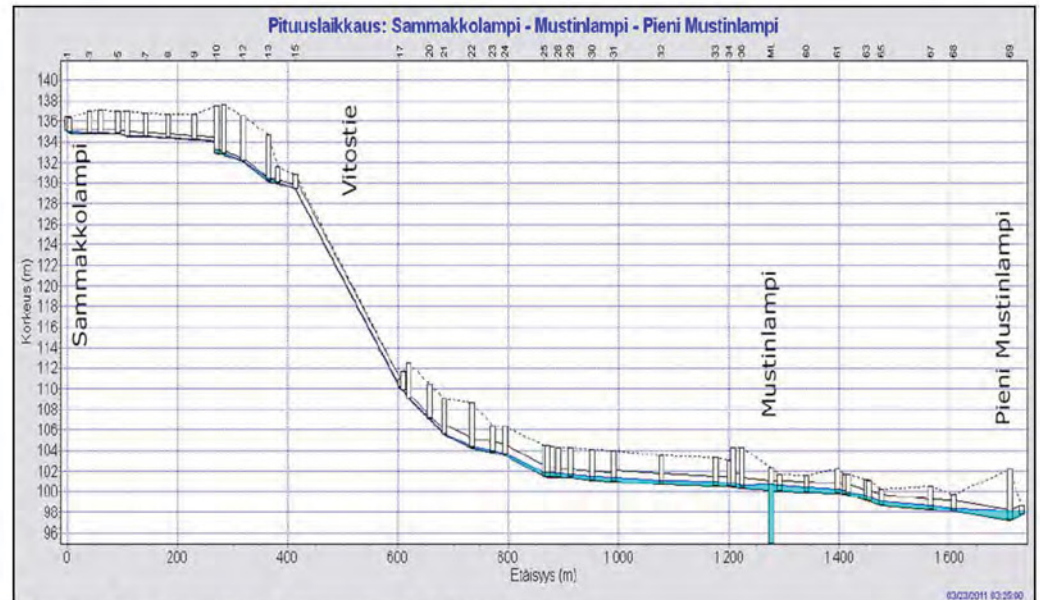
Hydrologisella mallilla kuvataan erityisesti valuma-alueelta muodostuvan pintavalunnan määrää ajan suhteen. Hydrologinen malli perustuu syötteenä olevaan sadetapahtumaan ja valuma-alueiden ominaisuuksista johtuvien sadannan häviöiden laskemiseen. Malliin rakennettiin osavaluma-alueet ja valuma-reitit ominaisuuksineen, joista huomioitiin mm. pinta-ala, läpäisemättömän pinnan määrä, keskimääräinen kaltevuus sekä virtausvastuskerroin. Mallinnuksen tuloksena saatiin valuma-aluekohtaiset purkautumiskäyrät, jotka toimivat syötteenä hydrauliselle verkostomallille.

Hydraulinen malli rakennettiin yhdistämällä edellä kuvattu hydrologinen valuma-aluemalli avo-uomista ja sadevesiviemäreistä muodostuvaan verkostomalliin. Hydrauliseen malliin sisällytettiin valitulla tarkkuudella myös virtausreittien tärkeimmät rakenteet kuten kaivot ja rummut sekä vesivarastoina toimivat lammet. Mallin avulla voitiin tarkastella monipuolisesti mm. ajasta riippuvia virtaamien summakäyriä, vedenpinnan tasoa ja altainen tilavuuksia. Hydraulisessa mallinnuksessa käytettiin nk. dynaamista menetelmää⁴, jolla voitiin tarkastella monimutkaisiakin ilmiöitä kuten paineellista virtausta, taaksepäin virtausta sekä virtausreittien tulvimista ja padotusta.

⁴ US EPA. 2009. Storm Water Management Model, User's manual, version 5.0.

9.6.2011

Mallilla voidaan luoda helposti myös mm. pituusleikkausnäkymiä, joista voi tarkastella hulevesien liikkeitä verkostossa. Pituusleikkaus Sammakkolammen, Mustinlammen ja Pienen Mustinlammen väliseltä virtausreitiltä on esitetty *kuvassa 10*. Kuvasta on helposti nähtävissä, että virtausreitillä kaltevuus on suuri Vitostien alituksessa, mutta sen jälkeen, Kuntolaakson puolella kaltevuudet ovat vähäisempiä.



Kuva 10. Pituusleikkaus päävirtausreitistä.

4.2 Mitoitustiedot

4.2.1 Kertymisajat

Mitoitussade määritetään perustuen valuma-alueen pinta-alaan, kertymisajkaan ja sateen toistuvuuteen, jotka määräävät sateen kestoajan ja rankkuuden. Maksimivirtaama saavutetaan yleensä silloin, kun rankkasateen kesto valitaan kertymisajan eli valuma-alueen etäisimmästä reunasta purkupisteeseen kuluvan virtausajan pituiseksi⁵. Valuma-alueen koon ja muodon lisäksi kertymisajkaan vaikuttaa olennaisesti sateen rankkuus. Heikoilla sateilla vaaditaan pitkäkestoisempi sadetapahtuma virtaamahuipun saavuttamiseksi, kun taas hyvin rankoilla sateilla virtaamahuippu muodostuu pintojen nopean kastumisen johdosta selvästi lyhyemmässä ajassa. Erot kertymisajoissa jäävät kuitenkin vähäisiksi, kun siirrytään kerran viidessä vuodessa tai tätä harvemmin toistuviin tilanteisiin.

Suunnittelukohteessa Sammakkolampien eteläpuolelta, osavaluma-alueilta 1.2–1.9, kertymisajaksi Mustinlampeen arvioitiin 30 minuuttia. Sen sijaan Mustinlammen itäpuolelta, Hannes Kolehmainen kadun hulevesiviemärin osavaluma-alueilta 2.1–2.6, kertymisaika Mustinlampeen on vain noin 10–15 minuuttia. Kertymisaika määrittää suurimpien virtaamahuippujen esiintymishetken rankkasateen alkamishetkestä. Pahin hetkellinen tulvatilanne hulevesiviemäriverkostossa syntyy silloin kuin usean osavaluma-alueen huippuvirtaamat esiintyvät samanaikaisesti samassa verkoston osassa. Sen sijaan altaassa, tai tässä tapauksessa Mustinlammessa, pahimman tulvatilanteen aiheuttaa pitkäkestoisempi, muutaman tunnin mittainen rankkasade, jonka sademäärä on suuri.

⁵ Suunnittelukeskus Oy 2007. Hulevesien luonnonmukaisen hallinnan menetelmät, suunnitteluohje.

9.6.2011

4.2.2 Rankkasateiden ominaisuudet

Tarkasteluissa on käytetty Rankkasateet ja taajamatulvat (RATU)⁶ loppuraportin mukaisia, tarkistettuja sateen keskimääräisiä intensiteettejä 1 km² aluesadannalle. Sadetiedot perustuvat Suomessa kesällä 2000–2005 aikana tehtyihin tutkasadehavaintoihin ja vastaavat Etelä-Suomen sateita. Niitä voidaan soveltaa riittävällä tarkkuudella myös Kuopiossa, vaikka sadannoissa onkin maantieteellisiä eroja siten, että tietyn intensiteetin esiintymistodennäköisyys pienenee pohjoiseen päin mentäessä. Mallinnuksessa on käytetty kerran 5, 10, 25 ja 100 vuodessa toistuvia sadetapahtumia. Mallinnuksessa käytettyjen rankkasateiden intensiteetit ja sademäärät on esitetty kootusti *taulukossa 2*. Taulukossa esitetyt kerran 100 vuodessa esiintyvät (1/100a) 1h ja 24 h sateet ovat viralliset EU:n tulvadirektiivin toimeenpanoon ja hulevesitulvariskien arviointiin Suomessa käytettävät sadetapahtumat⁷.

Taulukko 2. Mallinnuksessa käytetyt rankkasadetapahtumat (1km²).

Kesto	Toistuvuus	Keskim. intensiteetti		Sademäärä
15 min	1/5a	0,73 mm/min	122 l/s*ha	11 mm
	1/10a	0,94 mm/min	156 l/s*ha	14 mm
	1/25a	1,10 mm/min	183 l/s*ha	17 mm
	1/100a	1,40 mm/min	233 l/s*ha	21 mm
30 min	1/5a	0,50 mm/min	83 l/s*ha	15 mm
	1/10a	0,60 mm/min	100 l/s*ha	18 mm
	1/25a	0,72 mm/min	120 l/s*ha	22 mm
	1/100a	0,88 mm/min	147 l/s*ha	26 mm
1 h	1/5a	0,32 mm/min	53 l/s*ha	19 mm
	1/10a	0,39 mm/min	64 l/s*ha	23 mm
	1/25a	0,45 mm/min	75 l/s*ha	27 mm
	1/100a	0,60 mm/min	100 l/s*ha	36 mm
3 h	1/5a	0,15 mm/min	25 l/s*ha	27 mm
	1/10a	0,18 mm/min	29 l/s*ha	32 mm
	1/25a	0,22 mm/min	36 l/s*ha	39 mm
	1/100a	0,27 mm/min	46 l/s*ha	49 mm
	1/100a + 20 %	0,32 mm/min	55 l/s*ha	58 mm
24 h	1/100a	0,06 mm/min	10 l/s*ha	86 mm

Tarkastelut sisälsivät lisäksi 1/10a ja 1/100a tilanteista laaditut skenaariot ennustetun ilmastomuutoksen vaikutuksista RATU-loppuraportin⁶ mukaisesti. Ilmastomuutoksen on ennustettu kasvattavan rankkasateiden intensiteettejä keskimäärin 15–20 % vuosiin 2071–2100 mennessä. Arviot perustuvat Ilmatieteen laitoksen ennusteisiin. RATU:n suositusten mukaisesti ilmastomuutos voidaan huomioida käyttämällä harvinaisempaa toistuvuutta *taulukon 3* mukaisesti. Siinä esitetyt toistuvuuden muutokset tarkoittavat esimerkiksi, että jos tarkastellaan ennustetun ilmastomuutoksen mukaisessa tilanteessa 1/10a toistuvuutta, tulee tarkastelut tehdä nykyhetken mukaisilla 1/25a sadetapahtumilla.

Taulukko 3. Ilmastomuutoksen ennustetut vaikutukset toistuvuuksiin.

Nykyinen toistuvuus	Tuleva toistuvuus
1/5a	1/3a
1/10a	1/5a
1/25a	1/10a
1/100a	1/50a

⁶ Aaltonen, J. ym. 2008. Rankkasateet ja taajamatulvat (RATU). Suomen Ympäristö, 31. 123 s.

⁷ Ilmatieteen laitos, Koistinen J. & Jylhä K. 2010. Yhden tunnin ja vrk:n 100 vuoden toistuvuustasojen sadannat. 25.2.2010

9.6.2011

4.3 Hulevesiviemäriverkoston tarkastelut

Hulevesimallilla tarkasteltiin hulevesivalunnan muodostumista ja virtaamia Mustinlammen valuma-alueella. Erityisesti tarkasteltiin tulovirtaamia Mustinlampeen kahdelta merkittävimältä virtausreitiltä: pohjoisesta Sammakkolammen laskuojasta ja idästä Hannes Kolehmaisien kadun hulevesiviemäristä. *Taulukoon 4* on koottu 30 minuutin tasaisella rankkasateella esiintyvät suurimmat virtaamat näillä virtausreiteillä. Hannes Kolehmaisien kadun hulevesiviemärin valuma-alueelta on esitetty virtaamat sekä nykyisen että ideoidun maankäytön mukaisissa tilanteissa.

Taulukko 4. Mallinnettuja hulevesivirtaamia nykyisen ja tulevan maankäytön mukaisissa tilanteissa 30 minuutin rankkasateilla.

Tarkastelupiste		Hulevesivirtaama [l/s]		
		1/5a	1/10a	1/25a
Sammakkolammen laskuoja Vitostien alituksessa		680	730	770
Sammakkolammen laskuoja Mustinlampeen tultaessa		1270	1430	1530
Hannes Kolehmaisien kadun SV: virtaama Mustinlampeen	nykyinen	400	500	580
	ideoitu maankäyttö	585	605*	605*

*virtaama rajoittunut verkoston alhaisesta kapasiteetista johtuen, tulvii.

Taulukosta 4 nähdään, että Sammakkolammen laskuojan virtaama Mustinlampeen tultaessa on likimain kaksinkertainen verrattuna aikaisempaan Vitostien alitukseen. Mallinnustuloksista nähdään myös, että nykytilassa Hannes Kolehmaisien kadun hulevesiviemäristä Mustinlampeen purkautuva hulevesivirtaama on noin 30 % Sammakkolammen laskuojasta Mustinlampeen purkautuvasta virtaamasta. Lisäksi tarkasteluissa havaittiin odotetusti, että ideoitu maankäyttö lisää Hannes Kolehmaisien kadun hulevesiviemäristä Mustinlampeen purkutuvaa hulevesivirtaamaa noin 50 % (1/5a). Harvemmin toistuvissa tilanteissa Hannes Kolehmaisien kadun nykyisen hulevesiviemärin kapasiteetti ylittyy, jolloin tulvimisesta johtuen mallinnettu purkuvirtaama on pienempi kuin todellinen alueella muodostunut hulevesivirtaama.

Mallintamalla todettiin, että Sammakkolammen laskuojan Kuntolaaksossa sijaitsevat hulevesiviemäriolosuhteet toimivat rankkasadetilanteissa riittävän hyvin, mikäli verkosto on kunnossa eikä tukkeumia ole. Täällä suurin riskipaikka sijaitsee liikuntahallin (kaarihalli) pohjoispuolella eli osuudella, jolla putkikoko pienenee 1000 B → 800 B, verkoston vietto alenee ja kaivoja on useita. Lievää tulvimista voi esiintyä 1/10a ja tätä harvemmin toistuvissa tilanteissa lyhyillä, alle 30 minuutin rankkasateilla.

4.4 Mustinlammen tulvatarkastelut

4.4.1 Tarkastelujen kuvaus

Mustinlammen kriittiseksi pinnankorkeudeksi määritettiin maastomallin perusteella +102,5 eli pinnan nousu yli 2 metriä keskivedenpinnan tasosta. Tällöin vedenpinta nousee likimain Mustinlammen eteläpuoleisten Pyöräkadun kerrostalojen sokkelin tasolle ja veden virtaus Mustinlammen itäpäästä jäähallin suuntaan on mahdollista. Jo lähtökohtaisesti tämän suurusluokan nousua voidaan pitää epätodennäköisenä, joten suurempi huomio kohdistettiin selvästi tätä alempiin pinnankorkeuksiin tason +101.0 molemmin puolin.

Tulvatarkasteluihin valittiin kolmen tunnin (3 h) kestoisia rankkasadetilanteita, koska niiden todettiin aiheuttavan pahimmat tulvatilanteet. Sade on riittävän rankka, jotta tulovirtaama Mustinlampeen ylittää lammen purkuvirtaaman, minkä lisäksi sade on riittävän pitkäkestoinen, jotta padottu ve-

9.6.2011

simäärä on merkittävä. Tarkastelut tehtiin 10, 25, 100 vuoden toistuvuuksilla sekä ilmastonmuutoksen myötä 20 % rankentuvalla 100 vuoden välein toistuvalla sadetapahtumalla. Maankäyttö oletettiin idealuonnosten mukaiseksi (kts. *kpl 3.1*). Mustinlammen muotoa ja kokoa keskivedenpinnan yläpuolella arvioitiin laaditun maastomallin perusteella. Tulvariskien selvittämiseksi tehtiin seuraavat kolme tulvatarkastelua, joissa lähtötilanteet eroavat toisistaan. Tulvatarkastelujen tuloksia on koottu *liitteenä 2* olevaan Kunto-laakson tulvakarttaan sekä seuraaviin *taulukoihin 5–7*.

Tarkastelussa 1 on oletettu, että Mustinlammen pinnankorkeus on peruskartan ja laserkeilausaineiston mukaisesti tasossa +100.2 m. Tarkastelujen tuloksia on koottu *taulukkoon 5*.

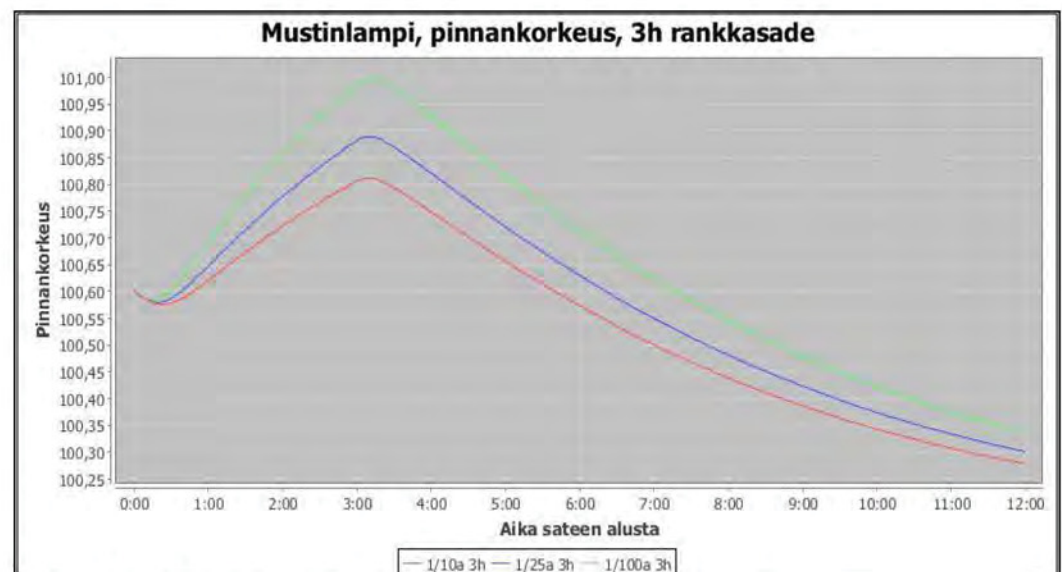
Taulukko 5. Tulvatarkastelun 1 tulokset. (3 h rankkasade)

Tarkastelu 1	1/10a	1/25a	1/100a	1/100a +20%
Max. tulovirtaama Mustinlampeen	1000 l/s	1200 l/s	1400 l/s	1700 l/s
Max. purkuvirtaama Mustinlammesta	470 l/s	550 l/s	650 l/s	750 l/s
Padottuva vesimäärä	6 500 m ³	8 100 m ³	10 000 m ³	12 500 m ³
Suurin pinnankorkeus	+100.63 m	+100.71 m	+100.83 m	+100.95 m

Tarkastelussa 2 lammen vedenpinta on oletettu jo valmiiksi korkealle tasolle +100.6 m, jolloin pystytään tarkastelemaan Mustinlammen pinnankorkeuden merkitystä alueen tulvariskeille. Tuloksia on koottu *taulukkoon 6* ja Mustinlammen pinnankorkeuden vaihteluita on havainnollistettu *kuvassa 11*.

Taulukko 6. Tulvatarkastelun 2 tulokset. (3 h rankkasade)

Tarkastelu 2	1/10a	1/25a	1/100a	1/100a +20%
Max. tulovirtaama Mustinlampeen	1000 l/s	1200 l/s	1400 l/s	1700 l/s
Max. purkuvirtaama Mustinlammesta	630 l/s	700 l/s	800 l/s	880 l/s
Padottuva vesimäärä	4 000 m ³	5 500 m ³	7 600 m ³	9 800 m ³
Suurin pinnankorkeus	+100.81 m	+100.89 m	+101.00 m	+101.20 m



Kuva 11. Mustinlammen pinnankorkeuksia *tarkastelussa 2*.

9.6.2011

Tarkastelussa 3 on edellä kuvattuun tarkasteluun 2 lisätty Mustinlammen purkuputken osittainen tukkeutuminen. Vakava tukkeutuminen on hyvin epätodennäköistä, mutta se voisi teoriassa johtua esimerkiksi purkuputken välppään tarttuneista roskista tai putkirikosta. Nyt oletettiin tukkeutuminen sellaiseksi, että purkuvirtaama on enintään 150 l/s eli noin 15–25 % normaalista purkuvirtaamasta. Mustinlammen pinnan tasoksi alkutilanteessa on oletettu +100.6, mikä ainakin tukkeutumistilanteessa on perusteltua. Tuloksia tarkastelusta on koottu taulukkoon 7.

Taulukko 7. Tulvatarkastelun 3 tulokset. (3 h rankkasade)

Tarkastelu 3	1/10a	1/25a	1/100a	1/100a +20%
Max. tulovirtaama Mustinlampeen	1000 l/s	1200 l/s	1400 l/s	1700 l/s
Max. purkuvirtaama Mustinlammesta	150 l/s	150 l/s	150 l/s	150 l/s
Padottuva vesimäärä	8 500 m ³	10 100 m ³	13 000 m ³	15 500 m ³
Suurin pinnankorkeus	+101.03 m	+101.12 m	+101.25 m	+101.40 m

4.4.2 Johtopäätöksiä tulvatarkasteluista

Mallinnuksen perusteella todettiin, että Mustinlampea voidaan hyödyntää hulevesimäärien viivyttämiseen ilman, että tämä aiheuttaa alueella tulvariskiä. Tarkastelun 1 mukaisessa tilanteessa Mustinlammen pinnankorkeudet jäävät alle +101.00 tason myös äärimmäisissä 1/100 tilanteissa vaikka ilmastomuutos huomioitaisiin. Myöskään tarkastelussa 2 vedenpinnan nousu ei osoittautunut hälyttäväksi, sillä ääritilanteissakin vedenpinta nousi vain tasoon +101.20 m.

Edellytyksenä näille, verrattain alhaisille pinnantasoilte on, että Mustinlammen purkureitti on toimintakuntoinen. Lisäksi purkureitin toimiessa normaalisti, lammen pinnan taso alkaa varsin nopeasti laskea Mustinlampeen tulevan hetkellisen ylivirtaaman päätyttyä. Lammen pinta palautuu lähtötasoonsa muutamien tuntien kuluessa, mikäli ylivirtaamahuipun jälkeen tulee saateettomampi jakso.

Pinnan noustessa ja purkuputken täytyessä lammen purkuvirtaama kasvaa portaattomasti, joten Mustinlammen vedenpinnan ollessa jo alkutilanteessa korkealla, myös purkuvirtaama on suurempi. Tämä alentaa lampeen padottuvan veden määrää, jolloin myös pinnan nousu jää suhteessa vähäisemmäksi. Lisäksi pinnan nousua rajoittaa tehokkaasti veden levittyminen entistä laajemmalle alueelle etenkin lammen pohjoispuolelle. Maastomallin perusteella lammen pinnan nousu tasosta +100,2 tasoon +101,0 kasvattaa lammen pinta-alaa 4 500 m², jolloin vesipinnan kokonaisala on noin 18 000 m². Vedenpinnan nousu padottaa vettä myös lammen pohjoispuolelle, Sammakolammen laskuajan rautatien alitukseen ja hulevesiviemärin viimeiselle osalle. Korkeuseroista johtuen vedenpinta ei kuitenkaan nouse maanpinnan tasoon asti, joten varsinaista tulvimista ei mallinnuksen perusteella esiinny.

Edellä kuvattujen, pinnan nousua hillitsevien tekijöiden vaikutus nähtiin erityisesti tarkastelussa 3, jossa Mustinlampeen padottuvat vesimäärät likimain kaksinkertaistuvat verrattuna tarkasteluun 2, mutta tästä huolimatta lammen pinnankorkeudet kasvavat vain noin 0,20–0,25 m. Näin ollen tarkastelussa 3 veden pinta nousi 1/100a ilmastomuutoksen mukaisessa tilanteessakin vain tasoon +101,40 m, vaikka purkuputki oli osittain tukkeutunut.

9.6.2011

Koko Mustinlammen valuma-alueen tasolla Mustinlammen virtaamia tasaava vaikutus on hyvin merkittävä, koska lampi likimain puolittaa sinne tulevat hulevesivirtaamat. Tästä johtuen Mustinlampeen padottuvat vesimäärät ovat useimmissa tilanteissa niin suuria (4 000–15 500 m³), että niiden hallinta alueellisilla menetelmillä ei ole muualla mahdollista tilanpuutteesta johtuen.

Mustinlampi tarjoaa hyvät mahdollisuudet vesien alueelliseen viivyttämiseen ilman selviä tulvariskejä, joten se kannattaa hyödyntää. Näin ollen esimerkiksi lammen purkureitin kapasiteetin kasvattamista ei suositella, koska tämä siirtäisi kuormitusta vain alempana sijaitseviin verkostoon osiin ja mm. Pieneen Mustinlampeen.

Tulvatarkastelujen tuloksia on esitetty *liitteenä 2* olevassa Kuntolaakson tulvakartassa.

9.6.2011

5 GEOTEKNISET TARKASTELUT

5.1 Tehdyt tarkastelut ja niiden tulokset

5.1.1 Tarkastelujen kuvaus

Mustinlammen ja viereisen hiekkamontun välisestä kannaksesta on tehty vakavuustarkastelu laskennallisesti SLIDE-ohjelmaa käyttäen. Tarkastellut neljä skenaariota on numeroitu 0-3.

Skenaario 0 on normaalitilanteen mukainen, jossa Mustinlammen pinnantaso on keskivedenkorkeudessa noin +100.40 ja hiekkamontun pohja nykytilanteen mukainen. Pohjavedenpinta hiekkamontussa on laskelmissa ollut huomattavasti arvioitua todellista tasoa ylempänä. Skenaarion 0 vakavuustarkastelut ovat *liitteenä 4*.

Skenaariossa 1 vedenpinta lammessa on tulvakorkeudessa +102 ja hiekkamontun pohjaa on kaivettu tasoon +89. *Skenaariossa 2* vedenpinta on tulvakorkeudessa, hiekkamontun pohja tasossa +89 ja montun puoleista luiskaa on jyrkennetty kaltevuuteen 1:1.3. Skenaarioissa 1 ja 2 pohjavedenpinta hiekkamontussa on ollut tasossa +82. Skenaarion 1 vakavuustarkastelut ovat *liitteenä 5* ja skenaarion 2 *liitteenä 6*.

Skenaario 3 oli lisätarkastelu, jossa tutkittiin kannaksen stabiliteettia nykytilanteessa sen jyrkimmässä kohdassa (1:1.28). Tarkastelussa oletettiin, että Mustinlammen vedenpinta on tulvakorkeudessa +102 m ja pohjavedenpinta on tasossa +82. Hiekkamontun pohja pidettiin nykytilassa. Skenaarion 3 tarkastelut ovat *liitteenä 7*.

Vakavuuden lisäksi on arvioitu laskennallisesti Mustinlammen veden suotautumista kannaksen läpi hiekkamonttuun. Suotautumistarkastelussa vedenpinta Mustinlammessa on ollut tulvakorkeudessa +102 ja hiekkamontun pohja tasossa +89. Suotautumistarkastelu on kuvattu *liitteessä 8*.

5.1.2 Yhteenveto vakavuustarkasteluista

Laskennalla pyrittiin selvittämään, onko lammen ja montun erottava kannas vakavuudeltaan riittävä. Riittävänä vakavuutena voidaan nykytilanteessa pitää varmuuslukua 1,5 ja tulevan maankäytön mukaisessa tilanteessa 1,8 (RIL 121-2004 s. 59).

Nykytilanteen tarkasteluissa *skenaarioissa 0 ja 1* saavutetaan selvästi nykytilanteen riittävä vakavuus 1,5. *Skenaarioissa 2 ja 3* laskennallinen vakavuus jää hieman alle tavoiteltavan arvon, mutta ero on niin pieni, että sitä ei voida pitää selvänä. Laskelmilla todettiin, että Mustinlammen vedenpinnankorkeudella ei ole merkittävää vaikutusta vakavuuteen, vaan tärkeimmät tekijät ovat penkereen korkeus ja montun puoleisen luiskan kaltevuus. Tulevan tilanteen vaatimaa varmuutta 1,8 ei skenaarioissa saavuteta.

Suunnitellun uuden rakentamisen johdosta montun pohjaa jouduttaneen rakennustöiden aikana syventämään, mikä vähentää kannaksen vakavuutta. Tulvatarkasteluissa on jo todettu, että kannaksen tasauksen nosto ei ole tarpeen, jolloin penkereen absoluuttinen korkeus ei lisäännä muuten kuin montun pohjaa kaivamalla. Alimmaksi kaivutasoksi hiekkamontussa arvioitiin laskelmissa käytetty +89. Tällä tasolla vakavuus on jo selvästi alentunut lähtötilanteesta ja jos tähän yhdistetään montun puoleisen luiskan jyrkentäminen (*skenaario 2*), vakavuudessa joudutaan selvästi suositeltavan tason

9.6.2011

alle. Laskelmissa esitetyt varmuusluvut on laskettu melko läheltä luiskanjuurta.

5.1.3 Yhteenveto suotautumistarkasteluista

Laskelmien perusteella veden suotautuminen Mustinlammesta kannaksen läpi on melko vähäistä. Hiekkamontun pohjan alla on ilmeisesti jollain syvyydellä paremmin vettä johtava kerros, koska kuopan pohjalle ei ole vettä suotautunut. Tätä tukevat myös suulliset tiedot siitä, että monttuun johtuneet hulevedet imeytyvät nopeasti rankkojenkin sateiden jälkeen.

Mustinlammen pohjaan on todennäköisesti kerääntynyt osin eloperäisestä aineksesta hyvin vettä pidättävä sedimenttikerros, jonka vuoksi vesi pysyy hyvin Mustinlammessa. Lammen pohjan ruoppaaminen saattaisi näin ollen aiheuttaa sen, että kannaksen vedenläpäisevyys kasvaa, ja vedenpinta lammessa laskee. Myös tiivis moreenikerros lammen ja hiekkakuopan välillä pidättää vettä hyvin.

5.2 Suositellut jatkotoimenpiteet

Hiekkakuopan rakentamisen suunnittelun edistyttyä kannaksen vakavuutta tulisi tutkia tarkemmin ottamalla huomioon myös tulevien rakennusten tyyppi, sijoittuminen ja pohjan korkeustaso. Helpoin tapa parantaa kannaksen stabiliteettia on luiskata hiekkakuopan reuna loivemmin. Lisäksi maapohjan vahvistaminen esim. ponttiseinällä tai maa-ankkurointi voivat olla soveltuvia menetelmiä stabiliteetin parantamiseen. Myös suunnitellun rakentamisen sijoittamisella voidaan vaikuttaa stabiliteettiin, esimerkiksi osoittamalla alemmaa pohjan tasoa edellyttävät toiminnot kauemmas kannaksesta.

Veden suotautumisen kannalta riskinä ja epävarmuutena voidaan pitää kannaksen Mustinlammen puoleisessa märässä luiskassa olevaa kasvillisuutta. Luiskassa kasvaa puita, joiden juuret voivat edesauttaa vuotokanavien syntyä ja siten aiheuttaa sisäistä eroosiota. On suositeltavaa poistaa syväjuurinen kasvillisuus luiskan vedenalaisista osista ja hieman keskivedenpinnan yläpuolelta.

Pohjaveden pinnantasosta hiekkakuopassa ei ole tarkempaa tietoa eikä sen välittömässä läheisyydessä ole pohjavesiputkia. Suotautumisen ja pohjaveden liikkeiden tarkempaa arviointia varten esitetään, että hiekkakuoppaan asennettaisiin pohjavesiputki. Lisäksi hiekkakuopan maaperän pilaantuneisuus tulee selvittää kaavavaiheessa. Loput pohjatutkimukset tulevat tehtäväksi tontin pohjarakennussuunnittelun yhteydessä.

9.6.2011

6 SUOSITELLUT RATKAISUVAIHTOEHDOT

6.1 Hulevesien hallinnan periaatteet

6.1.1 Lähtökohdat

Täydennysrakentaminen lisää alueella olevan läpäisemättömän pinnan määrää ja samanaikaisesti vähentää vettä imeyttäviä viheralueita. Tämä lisää hulevesivalunnan muodostumista ja nopeuttaa valunnan kertymistä hulevesiviemäriverkkoon, mikä voi johtaa paikalliseen tulvimiseen niin kaduilla kuin tonttien sisällä. Ongelmien ennaltaehkäisemiseksi täydennys- ja uudisrakentamisessa periaatteena tulisi olla, että rakentaminen ei muuta ratkaisevasti veden kiertokulkua alueen sisällä. Veden kiertokulku tulee pyrkiä säilyttämään mahdollisimman luonnollisena hyödyntämällä luonnonmukaisia hulevesien hallintamenetelmiä perinteisen hulevesiviemäröinnin sijaan.

Tiiviissä kaupunkirakenteessa ei ole useinkaan paljoa tilaa suurien alueellisten hulevesien hallintajärjestelmien rakentamiseen, joten edullisinta on hajauttaa menetelmät valuma-alueen eri osiin mahdollisimman lähelle hulevesien syntypaikkaa. Näin voidaan pienentää yksittäisen järjestelmän mitoitusta ja esimerkiksi täydennysrakentamiskohteissa välttyä tarpeettomalta verkostojen saneeraukselta. Kun pienimuotoista hallintaa toteutetaan hajautetusti koko valuma-alueella päästään lähimmäksi luonnollista veden kiertokulkua ja saavutetaan tehokkain kokonaisuus.

6.1.2 Hallintatoimenpiteiden priorisointi

Hulevesien hallinnan ja johtamisen yleisiä hyviä periaatteita on kuvattu tyyppillisesti seuraavalla toimintatapojen prioriteettijärjestyksellä:

- I. Ensisijaisesti hulevedet käsitellään ja hyödynnetään syntypaikallaan (hulevesien käyttö ja maahan imeyttäminen)
- II. Hulevedet johdetaan pois syntypaikaltaan suodattavalla ja hidastavalla järjestelmällä (suodattaminen maassa ja maan pinnalla)
- III. Hulevedet johdetaan pois syntypaikaltaan hulevesiviemäriissä yleisillä alueilla sijaitseville hidastus- ja viivytyalueille ennen vesistöön johtamista (viivyttäminen avouomissa)
- IV. Hulevedet johdetaan hulevesiviemäriissä suoraan vastaanottavaan vesistöön.

Hulevesien hallinta on tehokkain toteuttaa hajautettuna, monivaiheisena kokonaisuutena, koska tällöin yksittäisen järjestelmän mitoitus ja tulvariski eivät kasva kohtuuttomiksi. Suunnittelualueella periaatteena tulisi olla toimintatapojen II ja III järkevä yhdistäminen, jolloin hulevesien hallinta aloitetaan jo niiden syntypaikalla kiinteistökohtaisilla järjestelmillä.

6.1.3 Esimerkki soveltuvasta asemakaavamääräyksestä

Hulevesien viivytyksen ja tulvasuojelun näkökulmasta hyviin tuloksiin voidaan päästä esimerkiksi uudisrakentamista koskevalla kaavamääräyksellä, joka velvoittaa hulevesien korttelikohtaiseen viivytykseen seuraavasti:

Korttelialueiden vettäläpäisemättömiltä pinnoilta tulevia hulevesiä tulee viivyttää alueen sisällä siten, että viivytyspainanteiden, -altaiden tai -säiliöiden mitoitustilavuus on yksi kuutiometri jokaista sataa vettä läpäisemättömästä pintaneliömetriä kohden (1 m^3 viivytystilavuutta / 100 m^2 vettä

9.6.2011

läpäisemätöntä pintaa). Lisäksi tämän viivytystilavuuden tulee tyhjentyä 12 tunnin kuluessa täyttymisestään ja siinä tulee olla suunniteltu ylivuoto.

Edellä kuvattu uudisrakentamista koskeva kaavamääräys on ollut aktiivisessa käytössä mm. Tampereen kaupungissa jo noin kymmenen vuoden ajan. Sen avulla kiinteistökohtainen viivytyksvaatimus on johdonmukainen määrittää, minkä lisäksi se kannustaa suosimaan viherpintoja perinteisten asfalttipintojen sijaan.

6.2 Hulevesien hallintamenetelmät yleisesti

6.2.1 Hulevesien muodostumisen vähentäminen

Hulevesien muodostumista voidaan vähentää kasvattamalla valuma-alueilla tapahtuvaa imeytymistä ja haihduntaa. Suunnittelualueella suurin osa pihajalustoista on päällystettyjä pysäköintialueita, mikä vaikeuttaa imeyttävien hallintamenetelmien käyttöä. Välitöntä hulevesivaluntaa voidaan kuitenkin vähentää imeyttämisen sijasta muilla menetelmillä kuten katto- ja pihakasvillisuudella ja läpäisevillä päällysteillä, jotka viivyttävät hulevesiä ja lisäävät haihduntaa.

Kattokasvillisuudella, ts. viherkatoilla, tarkoitetaan kasvillisuudella peitettyä kattopintaa, joka pidättää ja suodattaa vettä. Viherkaton maa- ja kasvillisuuskerrokseen pidättynyt vesi haihtuu joko suoraan tai kasvillisuuden käytämänä. Kattokasvillisuudella pystytään usein pidättämään matalan intensiteetin sateet kokonaan, kun taas rankemmilla sateilla ylimääräinen vesi valuu kasvillisuuskerroksen pinnalla ja johdetaan normaalisti ränneillä ja syöksyputkilla eteenpäin. Kattokasvillisuus soveltuu erityisen hyvin katosten ja piharakennusten yhteyteen, mutta niiden käytölle ei ole rakenteellista estettä myöskään muissa kohteissa. Laaja-alaista kattokasvillisuuden käyttöä on havainnollistettu *kuvassa 12*.



Kuva 12. Esimerkki laaja-alaisesta kattokasvillisuuden käytöstä⁸.

Hulevesivaluntaa voidaan vähentää myös läpäisevien päällysteiden, kuten reikälaattojen tai -kiveyksien käytöllä. Varsinaisten reikälaattojen ohessa myös väljästi saumatut betonikiveykset ovat hulevesien vähentämisen kannalta selvästi asfalttipintoja parempi vaihtoehto. Läpäisevät päällysteet vä-

⁸ Kuva: Veg Tech Ab. Vegetationsteknik. Systemlösningar och produkter.

9.6.2011

hentävät tehokkaasti etenkin matalan intensiteetin sadetapahtumien aiheuttamaa hulevesivaluntaa, koska päällyste ehtii imeä suurimman osan sille saatavasta vedestä. Vaikka läpäisevän päällysteen vedenläpäisykyky ajan mittaan pienenisikin, näillä tapahtuva hulevesien muodostuminen ja virtaaminen on tavallisilla sadetapahtumilla aina vähäisempää, kuin esimerkiksi tiiviillä asfalttipinnoilla. Suuren intensiteetin rankkasateilla läpäisevä päällyste toimii likimain asfalttipinnan tavoin, mutta pintavalunnan virtausnopeudet jäävät asfalttipintoja alhaisemmiksi. Läpäisevän päällysteen käyttöä pysäköintialueella ja istutusten yhteydessä on havainnollistettu *kuvassa 13*.



Kuva 13. Esimerkkejä läpäisevien päällysteiden käytöstä.⁹

6.2.2 Hulevesien pintajohtaminen

Hulevesivirtaamia voidaan alentaa käyttämällä hulevesiviemäröinnin rinnalla hulevesien pintajohtamista kuten avo-ojia, kouruja, kivettyjä painanteita ja linjakuivatusta. Hyvä periaate on, että normaalitilanteessa vedet johdetaan pintaratkaisuille ja vasta niiden täytyttyä vedet ohjataan hulevesiviemäriin. Hulevesiviemäröinti toimii näin ollen pintaratkaisujen tulvareittinä. Pintaratkaisuille voidaan kerätä hulevedet esimerkiksi pysäköinti- ja jalankulkualueilta ja johtaa kasvillisuuspeitteisille biopidätysalueille tai hulevesiviemäriin. Pintajohtamisen etuna on hulevesien hitaampi virtaus, mikä alentaa hetkellisiä virtaamapiikkejä esimerkiksi hulevesiviemäriverkon solmupisteissä. Esimerkkejä hulevesien maanpäällisestä hallitusta johtamisesta on esitetty *kuvassa 14*. Menetelmien yksityiskohdissa on huomioitava talvikunnossapidon ja puhdistuksen vaatimukset.

Hulevesien pintajohtamista voidaan hyödyntää myös kattovesien johtamisessa sekä osana pihojen istutusalueita. Tätä on havainnollistettu *kuvassa 15* esimerkillä, jossa kattovedet johdetaan hulevesivirtaamia hidastaviin kivipesiin, joista vedet johdetaan pintaratkaisuin eteenpäin.



Kuva 14. Esimerkkejä hulevesien johtamisesta pintaratkaisuin^{10, 11}

⁹ Kuvat: FCG Finnish Consulting Group Oy

9.6.2011



Kuva 15. Kattovedet johdetaan ensin virtaamia hidastaviin kivipesiin¹².

6.2.3 Hulevesien viivytytys

Hulevesien viivyttämisellä pyritään hulevesivirtaamien porrastamiseen pidemmälle ajanjaksolle, jolloin purkureittien hetkellinen kuormitus alenee ja tulvimisriski pienenee. Tontin sisällä hulevesiä voidaan viivyttää joko maanalaisilla kennostoilla tai maanpäällisillä painanteilla.

Maanpäälliset viivytyspainanteet

Maanpäällinen hulevesien viivytytys voidaan toteuttaa biopidätysalueilla, jotka ovat osa pihojen istutusalueita. Biopidätysalueet ovat kasvillisuuspainanteita, joihin on tarkoituksena varastoida hetkellisesti hulevesiä. Biopidätysalueelle johdetut vedet poistuvat alkutilanteessa ainoastaan suodattamalla maakerrosten läpi, millä on hulevesiä puhdistava vaikutus. Suodatusta voidaan tehostaa rakenteen salaojituksella, joka johtaa vedet tontin hulevesiviemäriverkkoon. Veden pinnan tason noustessa biopidätysalueella määrätyle tasolle, ylimääräiset hulevedet johdetaan ylivuotorakenteen kautta hallitusti hulevesiviemäriverkkoon. Pysäköintialueen yhteyteen toteutettua hulevesiä viivyttävää biopidätysaluetta on havainnollistettu *kuvassa 16*. Vaihtoehtoisesti maanpäällinen viivytytys voidaan toteuttaa esimerkiksi betonirakenteisilla istutusalueilla.

¹⁰ Kuva: Suunnittelukeskus Oy

¹¹ International Sustainable Solutions. www.i-sustain.com/learningCenter/photoAlbum/Stormwater/

¹² Kuva: FCG Finnish Consulting Group Oy

9.6.2011



Kuva 16. Pysäköintialueen yhteydessä oleva biopidätysalue¹³

Maanalaiset hulevesikennostot

Maanalaiset kennostot ovat tyypillisesti muovikaseteista päällekkäin ja vierekkäin koottuja rakenteita. Muovikennostojen etu on niiden suuri, jopa 95 % hyötytilavuus, jolloin suhteellisen pienellä rakennetilavuudella saavutetaan suuriakin hulevesien viivytystilavuuksia. Samalla maanpäällinen tila voidaan käyttää tehokkaasti muihin toimintoihin. Maanalaiset kennostot voidaan liittää ongelmitta hulevesiviemäriverkkoon ja erilaisiin tontin kaivojärjestelyihin. Oikein rakennettuna kennostot eivät vaikuta yläpuolisten osien liikennöitävyyteen. Esimerkki maanalaisen kennoston rakentamisesta on *kuva 17*.



Kuva 17. Esimerkki maanalaisen kennoston rakentamisesta Tampereella.¹⁴

¹³ Kuva: www.bioretention.com

¹⁴ Kuva: FCG Finnish Consulting Group Oy

9.6.2011

6.3 Suositukset hulevesien hallintaratkaisuiksi

6.3.1 Hulevesien hallinta tonteilla

Tonteilla tehtävään hulevesien hallintaan esitetään monivaiheista, mutta periaatteeltaan yksinkertaista perusratkaisua, jota sovelletaan kunkin tontin maankäytön tehokkuuden ja rakennusten sijoittelun mukaan:

- 1) *Virtaaman taseus*: kattovedet johdetaan syöksytorvien juurella oleviin hulevesivirtausta tasaaviin kivipesiin, joihin varataan tilaa myös hetkelliselle hulevesien tulvimiselle. (kts. kuva 15). Kivipesien pohjalle voidaan rakentaa tyhjennysreikä, josta hulevedet tavanomaisessa tilanteessa virtaavat. Kivipesän yläreunaan toteutetaan lisäksi hallittu ylivuoto.
- 2) *Johtaminen pintaratkaisulla*: kattovedet keränneistä kivipesistä sekä muilta päällystetyiltä pinnoilta hulevedet johdetaan maanpäällisin kive-tyin kouruin tai linjakuivatuksella tontin reunaosiaan, tontille rakennetta-ville biopidätysalueille tai hulevesiviemäriverkkoon.
- 3) *Viivytytys*: biopidätysalueet voidaan toteuttaa pysäköintialueiden keskisaa- rekkeille (kts. kuva 16). Biopidätysalueet salaojitetaan hulevesien imey- tymisen tehostamiseksi. Kun vesipinta biopidätysalueella nousee tietyn rajan yli, vedet johdetaan ylivuodon kautta eteenpäin. Ylivuoto voidaan toteuttaa maanpäällisellä kourulla tai hulevesiviemärillä. Mikäli tontin maankäyttö ei salli maanpäällisiä menetelmiä, niin vaihtoehdoksi jäävät hulevesiviemäriverkon yhteyteen rakennettavat maanalaiset viivytyksen- nostot (kts. kuva 17).
- 4) *Johtaminen purkuvesistöön tai päähulevesiviemäriin* sallitaan vasta ton- teilla tehdyn viivytyksen jälkeen.

Vaiheita sovelletaan kunkin tontin mukaan mm. maankäytön tehokkuuden ja rakennusten sijoittelun perusteella. Mikäli päädytään pintaratkaisujen käyt- töön hulevesien viivyttämisessä ja johtamisessa, tulee niille varata riittävästi tilaa pysäköinti- tai kenttäalueilta. Lisäksi jos alueen toiminnot edellyttävät, tontilla muodostuvat hulevedet on johdettava asianmukaisten öljynerotus- järjestelmien kautta eteenpäin.

Kokonaisuuden mitoitustavoitteeksi suositellaan, että Hannes Kolehmais- en kadun hulevesiviemärin virtaamat eivät kasvaisi kerran viidessä vuodessa toistuvilla rankkasateilla. Tällöin purkuvirtaama Mustinlampeen rajoittuisi noin tasoon 400 l/s (1/5a), verkosto riittäisi johtamaan myös hieman har- vemmin toistuvien rankkasadetahtumien hulevedet ja saneeraustarve olisi vähäisempi. Nykyisen Mustinlampeen purkavan putkiosuuden kapasiteetti on noin 550–600 l/s.

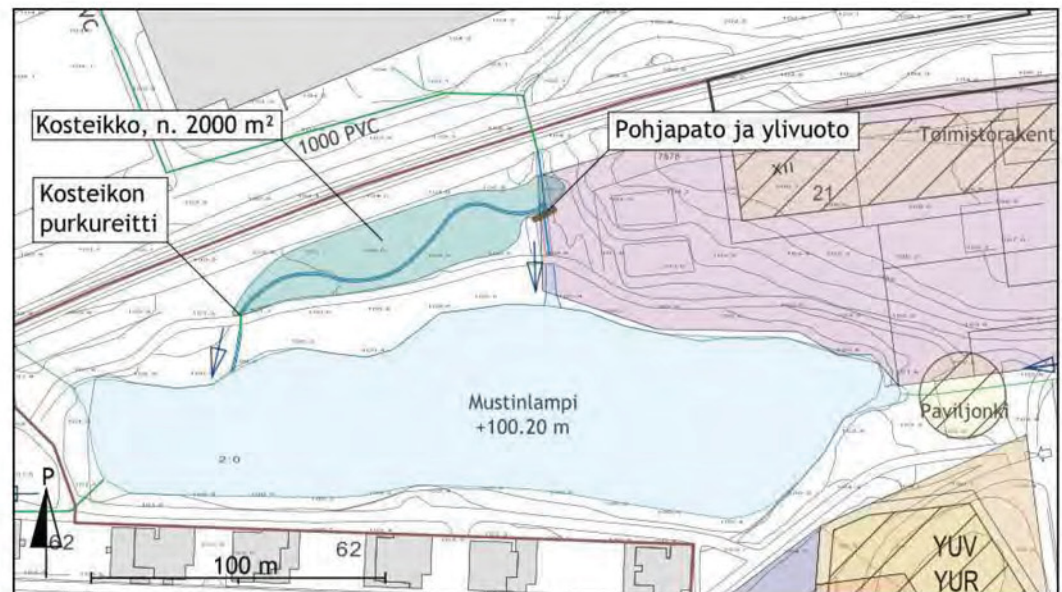
6.3.2 Hulevesien hallinta yleisillä alueilla

Hulevesimallinnuksessa todettiin, että Hannes Kolehmais- en kadun hulevesiviemäristä Mustinlampeen tulevat hulevedet ovat keskimäärin noin 30 % lammen tulovirtaamasta loppuosan muodostuessa Sammakkolammen las- kuojasta. Sammakkolammen laskuojan varteen Mustinlammen valuma- alueelle, rautatien pohjoispuolelle ei sijoitu juurikaan uudisrakentamista, jo- ten edellä kuvattujen korttelikohtaisten menetelmien toteuttaminen tällä alueella on epätodennäköistä ja vain yksittäisen pienen kohteen toteuttami- sen vaikutus kokonaisuuteen jäisi vähäiseksi. Näin ollen Sammakkolammen laskuojan hulevesiä on hallittava alueellisella yhteisellä menetelmällä.

9.6.2011

Kuntolaakson yläpuolinen Sammakkolammen valuma-alue on laaja, joten virtaamien tasaaminen vasta Kuntolaaksossa ei ratkaise koko valuma-alueen hulevesien määrään tai laatuun liittyviä ongelmia. *Kappaleessa 4* kuvatuissa tulvatarkasteluissa kuitenkin todettiin, että Mustinlampea voidaan hyödyntää alueellisena hulevesimääriä hetkellisesti varastoivana altaana. Tämä mahdollisuus on suositeltavaa hyödyntää, koska Mustinlampi on tärkeä etenkin poikkeuksellisten rankkasateiden hallinnassa.

Vaikka Sammakkolammen laskuojan veden laatu on todettu jo lähtökohtaisesti kohtuullisen heikoksi, laskuojan ja samalla Mustinlammen vedenlaadun heikkenemistä on mahdollista ehkäistä hulevesien alueellisella, pienimuotoisemmalla hallinnalla. Tätä silmällä pitäen tarkasteltiin ratkaisua, jossa virtausreitit yhteyteen yleiselle alueelle toteutetaan hulevesiä käsittelevä kosteikko. Karttatarkastelujen, laaditun maastomallin ja maastokatselmuksen perusteella kosteikon toteuttamiskelpoisimmaksi sijoituspaikaksi todettiin Mustinlammen pohjoispuoleinen nykyinen noin 2000 m² kosteikkoalue lammen ja rautatien välisellä vyöhykkeellä. Kosteikon sijoituspaikka on esitetty *kuvassa 18* ja tarkemmin *liitteenä 3* olevassa yleissuunnitelmakartassa.



Kuva 18. Kosteikon sijoituspaikka Mustinlammen pohjoispuolella.

Kosteikkojärjestelmän tarkoituksena on ohjata sopivalla pohjapadolla Sammakkolammen laskuojan usein esiintyvät alhaisemmat hulevesivirtaamat kosteikon kautta Mustinlampeen. Rankempien sadetapahtumien yhteydessä ja kevätylivaluman aikana hulevedet virtaisivat Mustinlampeen pääosin nykyistä reittiään pohjapadon yli. Nykyinen virtausreitti toimii näin ollen järjestelmän tulvareittinä.

Esitetty menettely on hulevesien laadun parantamisen kannalta perusteltua, koska Mustinlammen kroonisen hulevesikuormituksen aiheuttavat säännölliset, varsin alhaiset hulevesivirtaamat, jotka ovat huuhtoneet mukaansa epäpuhtauksia mm. liikenne- ja pysäköintialueilta. Kosteikolla ei ole tarkoitus parantaa ratkaisevasti yläpuolisen Sammakkolammen heikosta tilasta johtuvaa vesien yleistä huonoa laatua, koska tämä vaatisi huomattavasti esitettyä suurikokoisemman kosteikon toteuttamisen.

Kuvassa 19 on esitetty virtausreitit haarautumiskohta uudelle kosteikolle. *Kuvassa 20* kosteikon sijoituspaikka on kuvattu lännestä itään.

9.6.2011



Kuva 19. Sammakkolammen laskuoja pohjoisesta kohti Mustinlampea. Virtausreitti laskuojasta uudelle kosteikolle haarautuisi kuvassa oikealle.¹



Kuva 20. Kosteikon sijoituspaikka kuvattuna itää kohti Mustinlammen pohjoispuoleiselta ulkoilureitiltä.¹

Kuvasta 20 nähdään, että kosteikon esitetyllä sijoituspaikalla on jo nykytilanteessa taipumusta vesien seisomiseen ainakin keväisin. Kosteikon perusuoma johdettaisiin mutkitellen alueen läpi, jolloin se mahdollistaa veden nousemisen helpommin tulva-alueelle. Kosteikko purettaisiin ulkoilureitin alirummulla likimain kuvan etureunasta. Purkuvirtaama olisi suositeltavaa rajata noin 100 l/s tasoon (esim. 300 mm putki), jotta kosteikon läpi ei tapahtuisi liian voimakasta läpivirtausta.^{1/1}

9.6.2011

6.3.3 Tulvareitit

Hulevesien vähentämisen, viivyttämisen ja perinteisen johtamisen lisäksi on suunniteltava erityistilanteita varten hulevesien tulvareitit. Niillä turvataan hulevesien hallittu johtaminen ja rakenteiden kuivana pysyminen tilanteissa joissa hulevesiviemäriverkon ja hallintamenetelmien kapasiteetti ylittyy.

Korttelialueella tulvareittejä voidaan muodostaa yksinkertaisimmillaan esimerkiksi käyttämällä yhtenäisiä reunakiveyksiä, jolloin hulevedet pysyvät tiettyyn rajaan asti katualueella. Myös pihojen kaltevuudet tulee suunnitella siten, että valumasuunnat ovat pois päin rakennuksista ja kaltevuudet riittävät hulevesien sujuvaan pintajohtamiseen. Katualueelta tulvavedet tulisi pyrkiä johtamaan maaston painanteisiin tai ojiin, joissa hulevedet eivät aiheuta aineellisia vahinkoja eivätkä haittaa alueiden käyttöä muuten kuin hetkellisesti.

Mustinlammelle on haastava toteuttaa ylimääräistä tulvareittiä, koska se sijaitsee rakennetun alueen keskellä. Tulvatarkastelujen perusteella tarvetta varsinaiselle tulvareitille ei kuitenkaan ilmennyt edes ilmastonmuutoksen myötä rankentuvassa 1/100a ääritilanteessa. Tulvariskien minimoimiseksi tärkeintä on pitää Mustinlammen purkureitti kunnossa.

7 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Työssä laadittiin Kuntolaakson alueen tulvariskikartoitus, jossa on selvitetty hulevesimallinnusta hyödyntäen kohdistuuko alueeseen hulevesitulvariskejä, miten ne ovat hallittavissa ja vaikuttavatko ne Kuntolaaksoon ideoituun uuteen maankäyttöön. Työn aluksi täsmennettiin Mustinlammen 90 hehtaarin laajuisen valuma-alueen rajausta, määritettiin sen osavaluma-alueet ja hydrologiset ominaisuudet. Tämän perusteella rakennettiin SWMM-hulevesimalli, jolla tarkasteltiin rankkasadetilanteissa muodostuvia hulevesivirtaamia ja Mustinlammen tulvakäyttäytymistä. Lisäksi Mustinlammen ja hiekkakuopan välisestä kannaksesta laadittiin geotekniset vakavuus- ja suotautumistarkastelut. Tarkastelujen pohjalta annettiin suositukset jatkotoimenpiteiksi.

Virtaamatarkastelujen perusteella todettiin, että suurin osa hulevesistä tulee Mustinlampeen pohjoisesta Sammakkolammen laskuojasta ja vain noin 30 % Hannes Kolehmaisen kadun hulevesiviemäristä. Näin ollen Hannes Kolehmaisen kadun hulevesiviemärin valuma-alueelle sijoittuva uusi rakentaminen ei vaikuta ratkaisevasti Mustinlammen tulvakäyttäytymiseen, vaikka paikallisesti tämän alueen hulevesivirtaamat kasvavatkin noin 50 %.

Tulvatarkastelujen perusteella todettiin, että Mustinlampea voidaan hyödyntää hulevesimäärien viivyttämiseen ilman, että tämä aiheuttaa alueella tulvariskiä. Vaikka lammen pinta olisi sateen alkamishetkellä tavanomaista korkeammalla, veden pinta jää alle +101.0 tason myös hyvin poikkeuksellisissa, kerran sadassa vuodessa toistuvissa tilanteissa. Mustinlammen kriittiseksi pinnankorkeudeksi määritettiin +102.5 m, jolloin vesien tulviminen läheisiin rakennuksiin ja hiekkamonttuun olisi mahdollista. Näin korkeita veden pinnantasoja ei mallinnuksen perusteella saavuteta, vaikka lammen purkureitti olisi osin tukkeutunutkin. Tehtyjen tulvatarkastelujen pohjalta voidaan todeta Mustinlammen tulvariskit hyvin vähäisiksi etenkin sen purkureitin ollessa toimintakuntoinen.

9.6.2011

Tulvatarkastelujen lisäksi laadittiin alueelle yleispiirteinen hulevesien hallinnan suunnitelma, jossa lähtökohdaksi otettiin suurempien hulevesimäärien hallinta Mustinlammessa. Lisäksi pienempiä hulevesivirtaamia suositeltiin hallittavan hajautetusti tonttikohtaisella kaavamääräyksellä, joka koskisi uutta rakentamista. Määräyksessä voitaisiin edellyttää esimerkiksi hulevesien viivyttämistä tontin sisällä mitoituksella 1 m^3 vettä / 100 m^2 läpäisemättöä pintaa. Lisäksi Sammakkolammen laskuojan hulevesien laadun parantamiseksi esitettiin uuden kosteikon toteuttamista Mustinlammen pohjoispuolelle. Tällä tavoitellaan tavanomaisten hulevesivirtaamien laadullista hallintaa, koska nämä aiheuttavat Mustinlammen kroonisen kuormituksen. Suuremmat hulevesivirtaamat ohjattaisiin edelleen nykyistä reittiään Mustinlampeen, jossa näiden hallinta on mahdollista.

Geoteknisissä tarkasteluissa todettiin, että kannaksen vakavuutta tulisi tutkia tarkemmin ottamalla huomioon myös tulevien rakennusten tyyppi, sijoittuminen ja pohjan korkeustaso. Helpoin tapa parantaa kannaksen stabiliteettia on luiskata hiekkakuopan reuna loivemmin. Lisäksi maapohjan vahvistaminen esim. ponttiseinällä tai maa-ankkurointi voivat olla soveltuvia menetelmiä stabiliteetin parantamiseen. Veden suotautumisen kannalta riskinä ja epävarmuutena voidaan pitää kannaksen Mustinlammen puoleisessa märässä luiskassa olevaa kasvillisuutta, jota suositeltiin poistettavan. Suotautumisen ja pohjaveden liikkeiden tarkempaa arviointia varten esitettiin, että hiekkakuoppaan asennettaisiin pohjavesiputki.

FCG Finnish Consulting Group Oy

Hyväksynyt:

Perttu Hyöty
toimialajohtaja, dipl.ins.

Laatinut:

Hannes Björninen
suunnitteluinsinööri, dipl.ins.