



PORVOO  BORGÅ

Porvoon kaupunki
Kaupunkisuunnittelu

Niina Siitonen
Diplomi-insinööri

**Selvitys hulevesien määrästä ja johtamisesta
Kevätlaakson asemakaava-alueella**

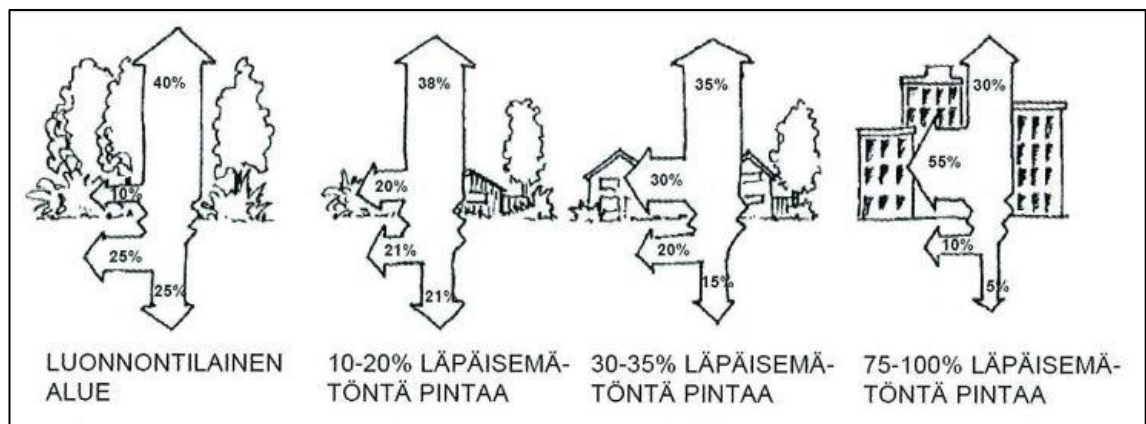
Porvoossa 8.11.2013

Sisällysluettelo

Sisällysluettelo	5
1 Johdanto	6
2 Kevätlaakson lähtötilanne	9
2.1 Valuma-alueet	11
2.2 Lähtötilanteen vesimäärät.....	13
3 Kevätkumpu	14
3.1 Kevätkummun hulevedet.....	15
4 Kevätlaakso	16
4.1 Hulevedet rakentamisen jälkeen.....	16
4.2 Hulevesien viivyttäminen tonteilla.....	17
4.2.1 Esimerkkiratkaisuja tonttikohtaiseen viivytykseen.....	19
4.3 Kevätlaakson puro	21
4.4 Viivyttävä vesimäärä	23
4.4.1 Viivytyksrakenteet	23
5 Tulvatarkastelu	26
Lähdeluettelo.....	30
Liitteet	

1 Johdanto

Hulevedelle on esitetty monta eri määritelmää. Tässä raportissa hulevesillä tarkoitetaan rakennettuja tai muuten läpäisemättömiä pintoja pitkin valuvia sade- ja sulamisvesiä, jotka päätyvät viemäriin tai ojiin (Kotro 2001). Hulevesien hallinnalle on tarvetta rakennetussa ympäristössä, koska kovien pintojen lisääntyessä maaperän kapasiteetti vastaanottaa vettä pienenee, mikä johtaa virtaamahuippujen sekä maan pintaosissa liikkuvan vesimäärän kasvuun. Tämä saattaa pahimmassa tapauksessa johtaa hulevesitulviin. Kuvassa 1.1 on esitetty rakentamisen intensiteetin vaikutusta haihtumiseen, pinta-valuntaan sekä pintakerros- ja pohjavesivaluntaan. Muutos luonnontilaisen ja rakennetun alueen välillä on veden luontaisen liikkumisen kannalta suuri.



Kuva 1.1 Rakentamisen vaikutus veden liikkeisiin (Eskola & Tahvonen 2010).

Hulevesijärjestelmät mitoitetaan ennalta valitun todennäköisyyden mukaisesti esiintyvän mitoitussateen perusteella. Mitoitussadetta määriteltäessä on otettava huomioon sateen kesto ja intensiteetti (rankkuus), sademäärä sekä todennäköisyys, jolla kyseinen sadetapahtuma esiintyy (toistuvuus). Hulevesien johtamisjärjestelmät, kuten avopainanteet ja viemärit, suunnitellaan hetkellisen suurimman virtaaman mukaan, kun taas hulevesien varastointiin ja käsittelyyn käytettävien rakenteiden mitoitus perustuu huleveden määrään eli tilavuuteen. (Kuntaliitto 2012)

Mitoitusvirtaama määritetään Kuntaliiton Hulevesioppaan (2012) mukaan kaavalla

$$Q = c * i * A \quad [\text{Kaava 1}]$$

jossa Q kuvaa virtaamaa, c pinnan valumakerrointa, i sateen intensiteettiä ja A valitun alueen pinta-alaa hehtaareissa.

Tietyn pituisen sateen aikana muodostuva hulevesimäärä määritellään kaavalla (Kuntaliitto 2012)

$$V = \frac{c * i * A * t}{1000} \quad [\text{Kaava 2}]$$

jossa V kuvaa huleveden määrää eli tilavuutta ja t sateen kestoa. Muut parametrit ovat samoja, kuin Kaavassa 1.

Valumakerroin kuvaa alueelta pois valuvan vesimäärän suhdetta aluesadantaan (Kuntaliitto 2012). Toisin sanottuna valumakerroin kertoo kuinka suuri osa sadannasta on otettava huomioon hulevesirakenteita suunniteltaessa (Tielaitos 1993). Kevätlaakson hulevesisuunnitelmaa tehtäessä käytetyt valumakertoimet on koottu Taulukkoon 1.1. Ker toimina on käytetty keskiarvoja Tielaitoksen raportissa (1993) esitetyistä arvoista. Keskiarvoja käytettiin, koska tässä suunnitteluvaiheessa ei pintojen ominaisuuksista kuten epätasaisuudesta ollut tarkkaa tietoa.

Taulukko 1.1 Kevätlaakson hulevesimitoituksia tehtäessä käytetyt valumakertoimet (muokattu Tiehallinto 1993).

Pinta	Valumakerroin
katto	0,9
asvaltti	0,8
soratie	0,35
nurmipiha	0,4
puisto/niitty	0,2
metsä	0,125

Mitoitussateen intensiteetti määräytyy sen kestoajan ja todennäköisyyden mukaan. Sateen kesto valitaan sen perusteella, halutaanko rakenteet mitoittaa hetkellisen huippuvirtaaman vai syntyvän vesimäärän mukaan. Kun mitoitusperusteena käytetään hetkellistä huippuvirtaamaa, valitaan sateelle mahdollisimman lyhyt kesto, jolloin sateen intensiteetti on suuri. Jos mitoitusperusteena käytetään vesimäärää, valitaan pitkäkestoinen sade, jolloin kokonaisvesimäärä kasvaa, vaikka sade ei olekaan yhtä rankka kuin lyhytkestoisempi sadetapahtuma. Yksinkertaistettuna, sateen keston pienentyessä intensiteetti kasvaa. (Kuntaliitto 2012)

Todennäköisyys valitaan suunniteltavan alueen ympäristöolosuhteiden sekä mitoitettavan järjestelmän mukaan. Mitä pienempi todennäköisyys sateen toistuvuudella on, sitä rankempi ja sademäärältään suurempi se on. Todennäköisyyttä valittaessa on määriteltävä sellainen taso, jolla järjestelmän mitoituksesta aiheutuvat kustannukset ja järjestelmän kantokyvyn ylittävän sadetapahtuman riski ovat tasapainossa. (Kuntaliitto 2012)

Kevätlaakson hulevesiratkaisua suunniteltaessa käytettiin Taulukossa 1.2 ja Taulukossa 1.3 esitettyjä keskimääräisiä intensiteettejä. Taulukossa 1.2 on esitetty sateen intensiteetti muodossa l/s*ha, kun taas Taulukossa 1.3 intensiteetti on esitetty muodossa mm/min. Intensiteetit on määritetty RATU-hankkeen (Aaltonen ym. 2008) yhteydessä säätutka-aineistosta.

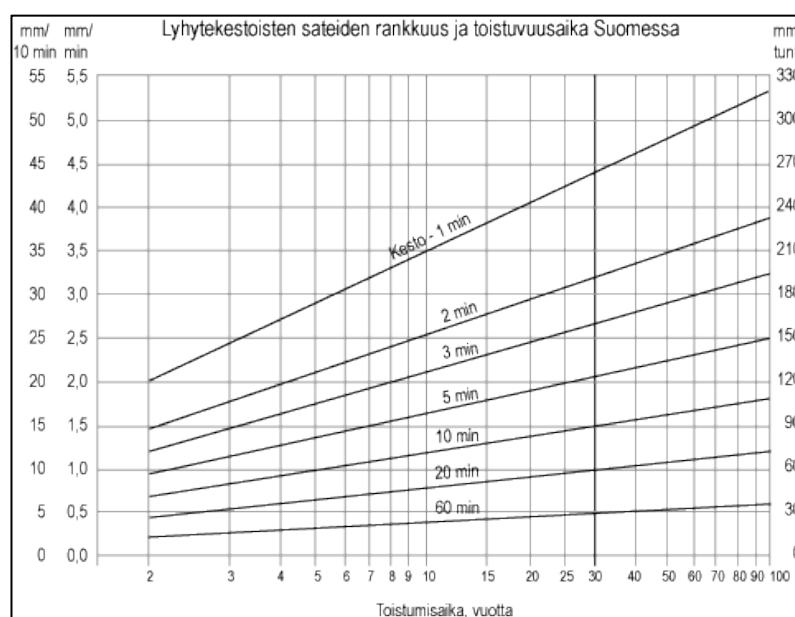
Taulukko 1.2 Sateen intensiteetti muodossa l/s*ha (Aaltonen ym. 2008).

Sateen keskimääräinen intensiteetti (l/s*ha)									
	Sateen kesto								
Toistuvuus	5 min	10 min	15 min	30 min	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
1/1 a	117	80	78	50	33	18	11	6,9	4,2
1/2 a	167	120	100	61	42	21	13	8,3	5
1/3 a	183	130	111	72	47	23	14	8,8	5,2
1/5 a	217	150	122	83	53	25	16	9,7	5,8
1/10 a	233	180	156	100	64	30	19	10,9	6,9

Taulukko 1.3 Sateen intensiteetti muodossa mm/min (Aaltonen ym. 2008).

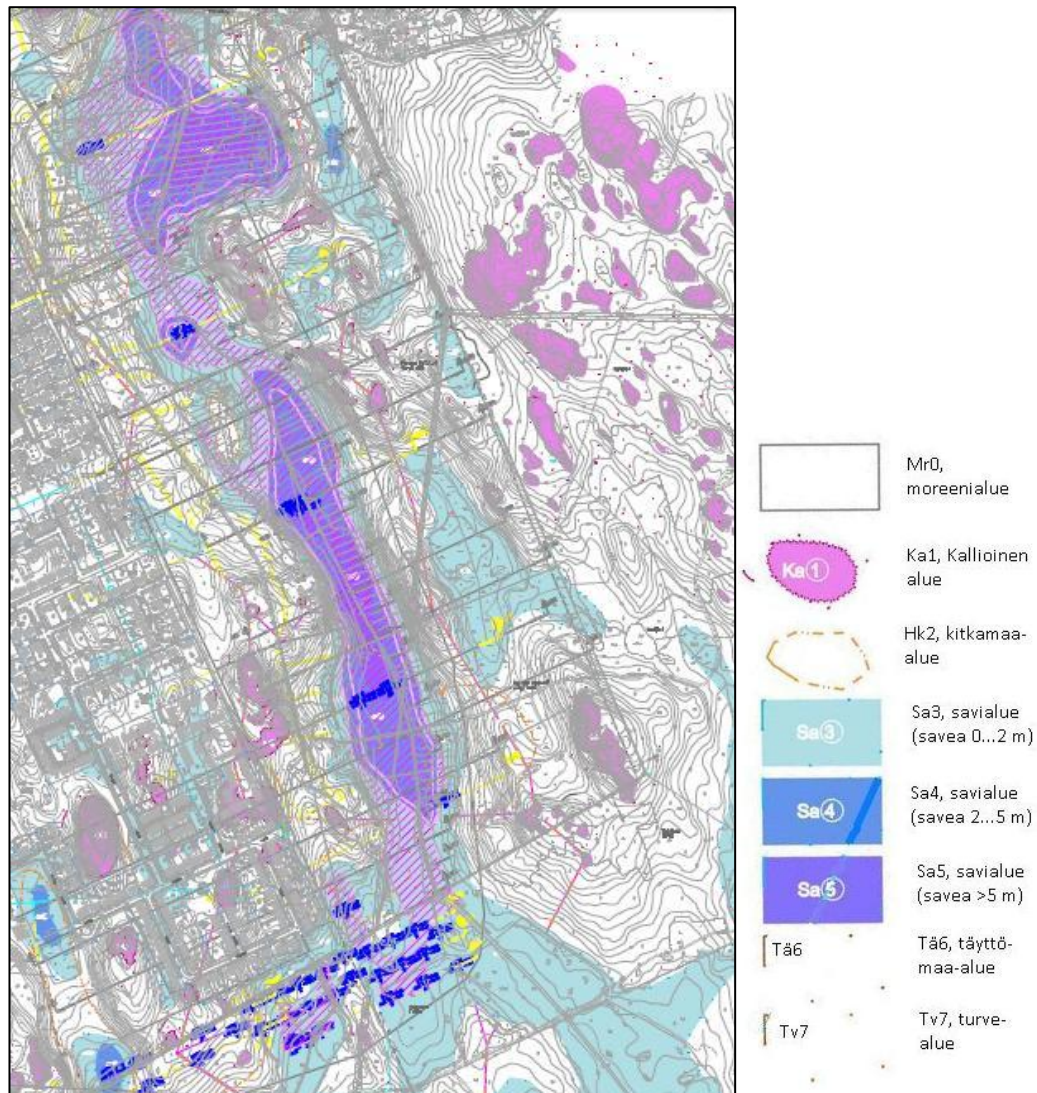
Sateen keskimääräinen intensiteetti mm/min									
	Sateen kesto								
Toistuvuus	5 min	10 min	15 min	30 min	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
1/1 a	0,70	0,48	0,47	0,30	0,30	0,11	0,07	0,04	0,03
1/2 a	1,00	0,72	0,60	0,37	0,37	0,13	0,08	0,05	0,03
1/3 a	1,10	0,78	0,67	0,43	0,43	0,14	0,08	0,05	0,03
1/5 a	1,30	0,90	0,73	0,50	0,50	0,15	0,10	0,06	0,03
1/10 a	1,40	1,08	0,94	0,60	0,60	0,18	0,11	0,07	0,04

Koska Aaltosen (2008) esittämissä taulukoissa ei ole arvoja harvinaisemmille kuin kerran 10 vuodessa esiintyville sateille, tutkittiin harvinaisempien sateiden intensiteettejä Ilmatieteen laitoksen kuvaajasta, joka on esitetty Kuvassa 1.2. Kuvaajan perusteella laskettiin, että kerran 200 vuodessa tapahtuvan 30 minuutin sateen intensiteetiksi tulisi noin 160. Tarkempana arvona käytettiin Vantaalla kerran 200 vuodessa esiintyvälle sateelle käytössä olevaa intensiteettiä 167.

**Kuva 1.2 Lyhytkestoisten sateiden intensiteetit Suomessa (Ilmatieteen laitos).**

2 Kevätlaakson lähtötilanne

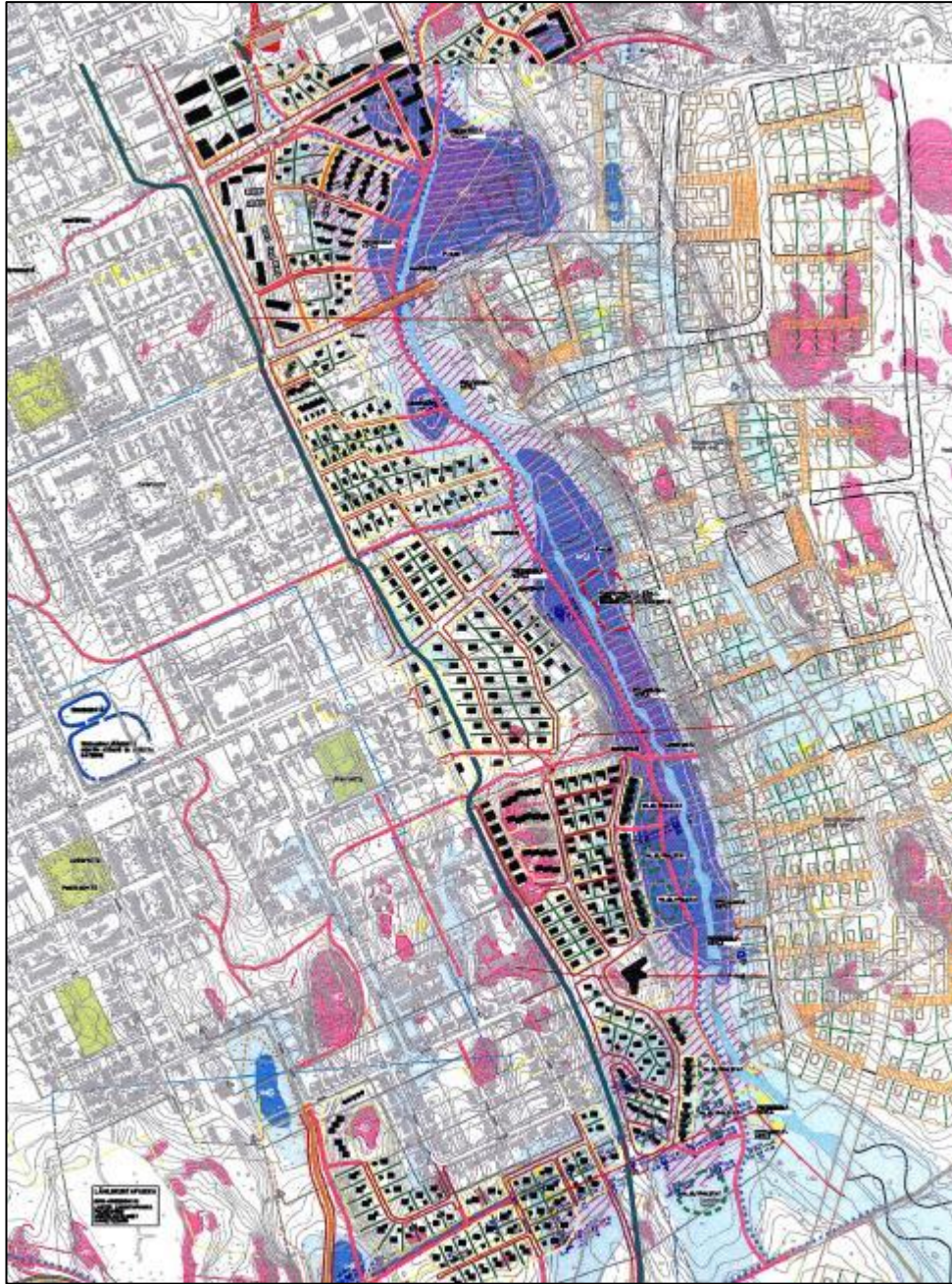
Kevätlaakson maaperätiedot näkyvät Kuvassa 2.2. Kartta kuvaa maaperän ominaisuuksia metrin syvyydestä maanpinnalta mitattuna. Kartassa ole huomioitu ylintä pintamaakerrosta.



Kuva 2.2 Kevätlaakson maaperäkartta. Maalajit kuvattuna metrin syvyydessä pintamaan alla.

Kartassa valkoiset alueet kuvaavat moreenialuetta, vaaleanpunaiset alueet kalliota ja ruskeat viivoin ympäröidyt alueet hiekaista kitkamaa-alueita. Vaaleansinisellä väritetyt Sa3-savialueet kuvaavat alueita, joilla pintamaan alla on 0-2 m paksu savikerros, tummansinisellä väritetyillä Sa4-alueilla 2-5 m paksu savikerros ja violetilla väritetyillä Sa5-alueilla yli 5 m paksu savikerros. Savikerrosten alla on moreenia. Tummanruskeilla pisteillä merkityt Tä6-alueet ovat täyttömaa-alueita ja vaaleanruskeilla pisteillä merkityt Tv7-alueet turvealueita.

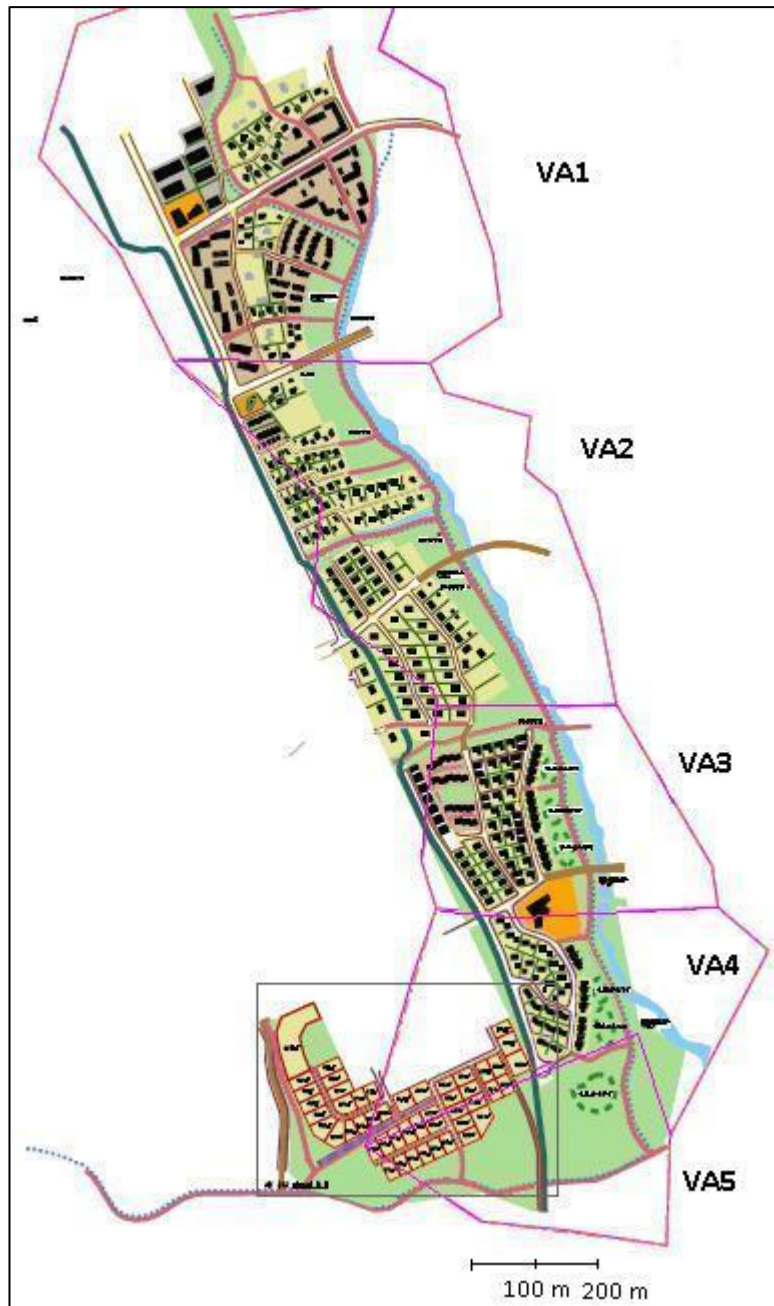
Kuvassa 2.3 on esitetty maaperäkartta suhteessa Kevätlaakson kaavaluonnokseen.



Kuva 2.3 Kevätklaakson maaperäkartta sekä kaavaluonnos.

2.1 Valuma-alueet

Hulevesisuunnitelmia tehtäessä on pyrittävä valuma-alueelähtöisyyteen. Suunniteltava alue on lisäksi hyvä jakaa osavaluma-alueisiin, jotta veden liikkeitä sekä valumareittejä voidaan tutkia mahdollisimman yksityiskohtaisesti (Kuntaliitto 2012). Kevätklaakso jaettiin maastonmuotojensa perusteella viiteen osavaluma-alueeseen Kuvan 2.4 mukaisesti. Valuma-alueista käytettiin nimityksiä VA1-VA5, VA1 vastaa valuma-aluetta 1, VA 2 valuma-aluetta 2 jne. Kuvassa on esitetty kaavaluonnos B, mutta osavaluma-alueiden rajat ovat samat myös kaavaluonnos A:n kohdalla.



Kuva 2.4 Kevätklaakson osavaluma-alueet maastonmuotojen perusteella määritettynä.

VA1 on kooltaan noin 34 hehtaaria, VA2 noin 23 hehtaaria, VA3 noin 12 hehtaaria, VA4 noin 15 hehtaaria ja VA5 noin 10 hehtaaria. Kaikkien valuma-alueiden sisään mahtuu kaavoitettavana olevan Kevätklaakson alueen lisäksi alueita Kevätkummusta ja/tai laakson pohjalla virtaavan ojan itäpuoleiselta alueelta, joka tullaan kaavoittamaan tulevaisuudessa. Molemmat alueet on huomioitu Kevätklaakson hulevesisuunnitelmassa niiltä osin kuin ne osuvat valuma-alueiden sisälle. Kevätkummun osalta on huomioitu putkia pitkin Kevätklaakson alueelle tuleva vesimäärä, jota käsitellään tarkemmin luvussa 3.

2.2 Lähtötilanteen vesimäärät

Lähtötilanteessa Kevätlaakso on pääosin luonnontilainen ja koostuu pitkälti kuusi- ja sekametsästä, joten nykytilan virtaamien ja vesimäärien laskennassa käytettiin Kaavassa 1 ja Kaavassa 2 esiintyvänä valumakertoimena metsämaastoa vastaavaa kerrointa (Taulukko 1.1). Tällöin saatiin Taulukon 2.1 mukaiset virtaamat ja vesimäärät. Sekä virtaamat että vesimäärät laskettiin kerran kahdessa vuodessa esiintyvällä 30 minuutin sateella, kerran viidessä vuodessa esiintyvällä 10 minuutin sateella sekä kerran 200 vuodessa esiintyvällä 30 minuutin sateella. Nämä tarkastelusateet valittiin, koska ne edustavat keskimääräistä sadetapahtumaa, rankkaa sadetapahtumaa sekä erittäin harvinaista, mahdollisia tulvatilanteita aiheuttavaa sadetta.

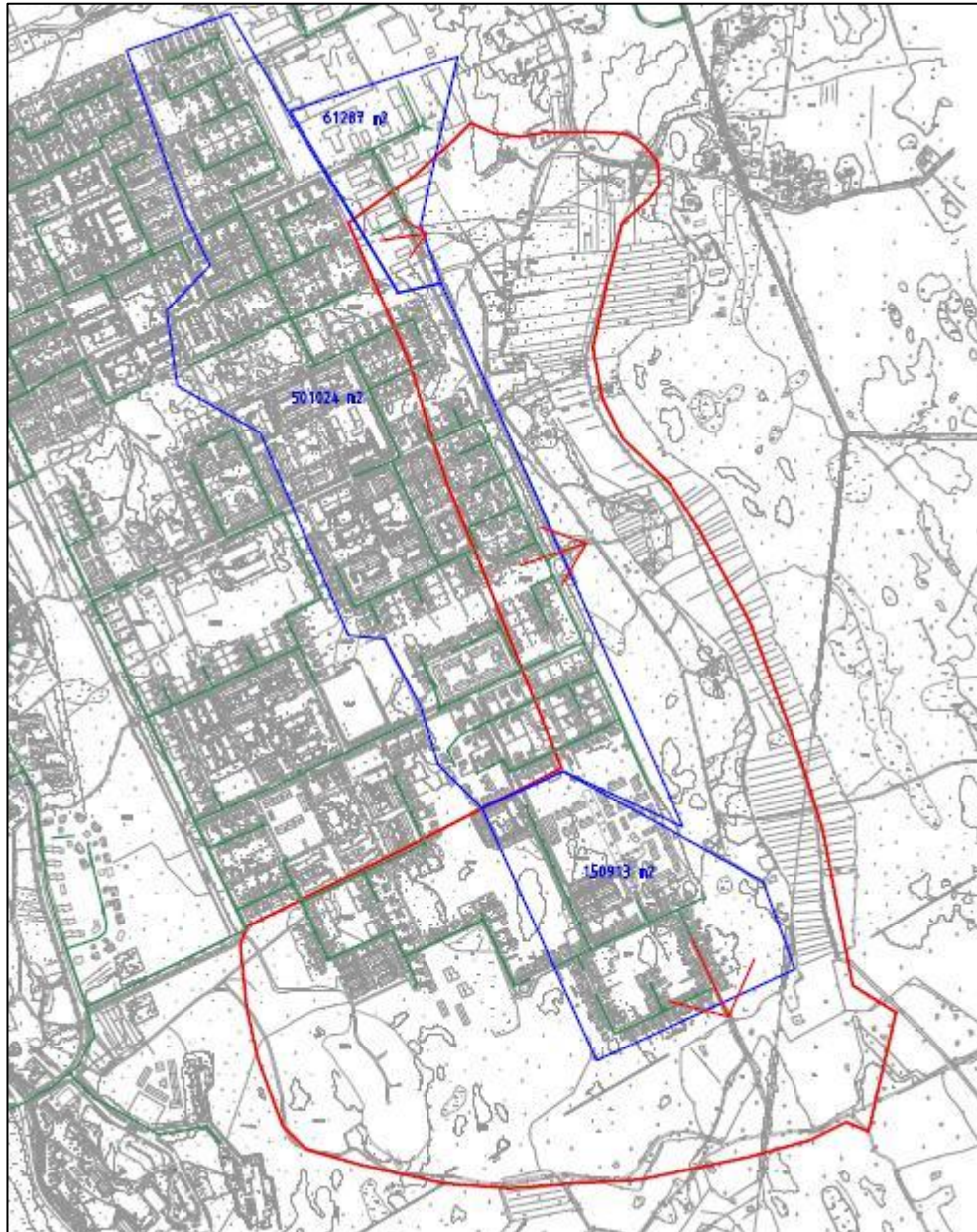
Taulukko 2.1 Kerran kahdessa, kerran viidessä ja kerran 200 vuodessa esiintyvien sateiden aiheuttamat virtaamat ja vesimäärät osavaluma-alueittain.

valuma- alue	1/2 vuodessa		1/5 vuodessa		1/200 vuodessa	
	l/s	m ³	l/s	m ³	l/s	m ³
VA1	130	470	640	390	710	1290
VA2	90	320	430	260	490	880
VA3	40	160	220	130	240	430
VA4	60	200	290	170	320	570
VA5	40	140	190	120	220	390

Kevätlaakson alueella asemakaavaluonnosten mukaisen rakentamisen jälkeen syntyvät virtaamat ja vesimäärät on koottu Taulukkoon 4.1 ja Taulukkoon 4.2 luvussa 4.

3 Kevätkumpu

Kevätkumpu on pääosin Kevätlaakson länsipuolella sijaitseva 1970-luvulla rakennettu asuinalue. Kaikki Kevätkummun hulevedet kerätään hulevesiviemäriin ja ne johdetaan putkia pitkin kolmeen purkupaikkaan, jotka sijaitsevat Kevätlaakson alueella. Kuvassa 3.1 on esitetty missä kohtaa Kevätkummun putkien purkupaikat sijaitsevat sekä millaiselta alueelta kunkin putken kuljettama vesimäärä kerääntyy.



Kuva 3.1 Sinisellä alueet, joilta Kevätkummun putkista Kevätlaakson puolelle purkautuva vesi kerääntyy sekä punaiset nuolet osoittamassa putkien purkupisteitä. Punaisella ympäröity alue kuvaa Kevätlaakson kaava-aluea. Pohjoisin valuma-alue on kooltaan noin 6 ha, etelässä sijaitseva pieni valuma-alue noin 15 ha ja suurin valuma-alue noin 50 ha. (Porvoon Vesi)

Sinisellä rajatut alueet esittävät Kevätkummun sisällä sijaitsevia alueita, joilta kunkin purkuputken vedet kerääntyvät. Punaiset nuolet, jotka ulottuvat Kevätkummusta Kevät-

laakson puolelle esittävät putkien purkukohdat. Kevätlaakson asemakaava-alue on rajattu punaisella. Kevätkummun sisällä olevista valuma-alueista käytettiin nimityksiä VAP kuvaamaan pientä pohjoisinta valuma-aluetta, VAE kuvaamaan eteläisintä valuma-aluetta sekä VAL kuvaamaan suurinta, lännen puolelle sijoittuvaa aluetta.

3.1 Kevätkummun hulevedet

Kevätkummusta tuleva hulevesivirtaama sekä hulevesimäärä laskettiin voimassaolevan asemakaavan mukaisten pinta-alojen perusteella. Alueelta erotettiin kattopinta-alat, katupinta-alat, autopaikat, sekä piha- ja puistoalueet. Laskelmat tehtiin Kaavan 1 ja Kaavan 2 mukaisesti käyttäen eri pinnoille eri valumakertoimia. Taulukossa 3.1 on esitetty eri alueilta tulevat virtaamat sekä vesimäärät. Taulukkoon koottiin kerran kahdessa vuodessa esiintyvällä 30 minuutin sateella, kerran viidessä vuodessa esiintyvällä 10 minuutin sateella sekä kerran 200 vuodessa esiintyvällä 30 minuutin sateella tehtyjen tarkasteluiden tulokset.

Taulukko 3.1 Kevätkummusta putkia pitkin Kevätlaaksoon purkautuvat virtaamat ja vesimäärät kerran kahdessa, viidessä ja 200 vuodessa esiintyvien sadetapahtumien aikana.

Valuma-alue	1/2 vuodessa		1/5 vuodessa		1/200 vuodessa	
	l/s	m ³	l/s	m ³	l/s	m ³
VAP	240	430	580	350	650	1170
VAL	1250	2250	3070	1840	3420	6150
VAE	220	390	540	330	600	1080

Kevätkummun virtaamat sekä vesimäärät laskettiin teoreettisesti pinta-alojen mukaan oletuksena, että kaikki alueen hulevedet kerätään alueen hulevesiviemäriin, joiden purkukohdat on esitetty Kuvassa 3.1. Laskelmissa ei pystytty huomioimaan esimerkiksi veden lammikoitumista tai muuta kuin luonnollista, eri pintojen valumakertoimiin perustuvaa viivyttymistä.

4 Kevätlaakso

4.1 Hulevedet rakentamisen jälkeen

Kevätlaakson rakentamisen jälkeiset hulevesivirtaamat sekä vesimäärät laskettiin kaava-luonnoksille A sekä B luonnoksissa esitettyjen ratkaisujen perusteella. Laskennassa erotettiin kattopinta, katuala, autopaikat, piha- ja puistoalueet sekä otettiin huomioon Kevätkummusta putkea pitkin alueelle purkautuvat hulevedet. Laskelmiin otettiin mukaan myös Kevätlaakson pohjalla virtaavan puron itäpuolella sijaitseva alue, jonka laskelmat tehtiin kaavarungon perusteella. Kevätlaakson itäosat huomioitiin laskelmissa, koska on oletettavaa, että kyseinen alue tullaan kaavoittamaan ja rakentamaan niin pian, että hulevesijärjestelmät olisi järkevää mitoittaa vastaanottamaan myös tältä puolelta puroa tulevat vedet. Kuvassa 4.1 on esitetty kaavarunko, jonka perusteella puron itäpuolisen alueen hulevesilaskelmat on tehty.



Kuva 4.1 Skaftkärrin alueen kaavarunko ja Kevätkummun asemakaava-alue.

Taulukkoon 4.1 ja Taulukkoon 4.2 on koottu Kevätlaaksosta rakentamisen jälkeen tulevat hulevesivirtaamat sekä vesimäärät kolmen erilaisen sadetapahtuman yhteydessä. Tarkastelussa käytettiin kerran kahdessa vuodessa tapahtuvaa 30 minuutin sadetta kuvaamaan ns. normaalitilannetta, kerran viidessä vuodessa tapahtuvaa 10 minuutin sadetta kuvaamaan rankkasadetta sekä kerran 200 vuodessa tapahtuvaa 30 minuutin sadetta, jota voidaan pitää tulvariskejä aiheuttavana sateena. Virtaamia ja vesimääriä on tarkasteltu osavaluma-alueittain eli taulukossa on esitetty kultakin osavaluma-alueelta tuleva kokonaisvirtaama ja –vesimäärä.

Taulukko 4.1 Kevätlaaksosta rakentamisen jälkeen tuleva vesimäärä osavaluma-alueittain, luonnos A.

Luonnos A						
Valuma- alue	1/2 vuodessa		1/5 vuodessa		1/200 vuodessa	
	l/s	m ³	l/s	m ³	l/s	m ³
VA1	980	1760	2410	1450	2680	4830
VA2	1760	3180	4340	2600	4830	8700
VA3	280	500	690	410	770	1380
VA4	570	1030	1410	850	1570	2830
VA5	160	290	400	240	450	800

Taulukko 4.2 Kevätlaaksosta rakentamisen jälkeen tuleva vesimäärä osavaluma-alueittain, luonnos B.

Luonnos B						
Valuma- alue	1/2 vuodessa		1/5 vuodessa		1/200 vuodessa	
	l/s	m ³	l/s	m ³	l/s	m ³
VA1	800	1440	1970	1180	2190	3940
VA2	1760	3180	4340	2600	4830	8692
VA3	320	580	790	470	880	1580
VA4	600	1080	1480	890	1600	2960
VA5	170	300	420	250	470	840

Virtaamissa ja vesimäärissä on huomioitu Kevätkummusta hulevesiviemäreitä pitkin tulevat vedet, koska myös ne on saatava johdettua Kevätlaakson kautta ja purettua laakson pohjalle rakennettavaan puroon.

4.2 Hulevesien viivyttäminen tonteilla

Hulevesiä tulee hallita tonttikohtaisesti, koska peruseriaatteena hulevesien hallinnalle tulisi olla virtaamien hidastaminen ja vesimäärän vähentäminen niiden syntylähteillä (Kuntaliitto 2012). Kevätkummusta tulevasta vesimäärästä johtuen, tonteilla on viivytettävä vettä, jotta Kevätlaakson pohjalla virtaavaan puroon tulevia virtaamahuippuja koko alueella liikkuvia virtaamia sekä vesimääriä saadaan pienennettyä.

Omakotitalotonttilaskelmat tehtiin käyttämällä keskimääräistä esimerkkitonttia. Sen kokonaispinta-alaksi valittiin 600 m², rakennusoikeudeksi eli sitä myötä kattopinta-alaksi valittiin 150 m², autopaikkoja laskettiin kaksi, jolloin niiden yhteispinta-alaksi

tuli 25 m^2 ja näin ollen piha-alaksi tuli 425 m^2 . Autopaikat laskettiin asfalttipäällysteisinä. Hulevesivirtaamat ja vesimäärät laskettiin Kaavan 1 ja Kaavan 2 mukaisesti. Yksittäiseltä tontilta tulevat virtaamat ja vesimäärät on esitetty Taulukossa 4.3. Taulukossa esitellään kerran kahdessa vuodessa tapahtuvan 30 minuutin sateen, kerran viidessä vuodessa tapahtuvan 10 minuutin sateen sekä kerran 200 vuodessa tapahtuvan 30 minuutin sateen myötä muodostuvat virtaamat ja vesimäärät.

Taulukko 4.3 Yksittäisillä esimerkkimakotitalotonteilla syntyvät virtaamat ja vesimäärät kerran kahdessa, kerran viidessä ja kerran 200 vuodessa esiintyvien sadetapahtumien aikana.

Tontin- osa	1/2 vuodessa		1/5 vuodessa		1/200 vuodessa	
	l/s	m^3	l/s	m^3	l/s	m^3
piha	1,0	1,5	2,0	1,2	2,8	4,1
katto	0,8	1,9	2,6	1,5	2,3	5,1
autopaikat	0,1	0,2	0,3	0,2	0,3	0,6
yhteensä	2,0	3,6	4,9	2,9	5,4	9,8

Hulevesien osalta kaavamääräykseksi valittiin, että tonteilla on viivytettävä vettä 1 m^3 jokaista 100 m^2 kovaa pintaa kohden. Esimerkkitontilla on kovia pintoja yhteensä 175 m^2 . Kaavamääräys suhteutettuna tähän pinta-alaan tarkoittaa, että jokaisella esimerkkitontilla on viivytettävä hulevesiä kerran viidessä vuodessa sattuvalla 10 minuutin mitoitussateella $1,75 \text{ m}^3$. Näin koko Kevätklaakson alueella liikkuvasta vesimäärästä 7 % saadaan hidastettua pelkästään omakotitalotonteilla viivyttämällä kerran viidessä vuodessa tapahtuvalla 10 minuutin rankkasateella. Tämä tarkoittaa, että kyseisellä mitoitussateella 49 % koko tontilta tulevasta vesimäärästä saadaan viivytettyä.

Rivi- ja kerrostalotonteille tehtiin samanlainen laskelma. Taulukossa 4.4 on esitetty Kevätklaakson alueella sijaitsevilta rivi- ja kerrostalotonteilta kaavamääräyksen perusteella viivytettävä vesimäärä. Myös rivi- ja kerrostalotonteilla alue eroteltiin kattopinta-alaan, autopaikkoihin sekä piha-alaan. Koska lopullisia päätöksiä rivi- ja kerrostaloalueiden kaavoittamisesta ei ollut tehty tämän suunnitelman laatimiseen mennessä, laskettiin kyseisten alueiden autopaikat prosenttiosuutena omakotitalojen katto- ja autopaikkojen pinta-alaan suhteutettuna. Omakotitalotonteilla 5 % piha-alasta käytetään autopaikkoihin ja samaa suhdelukua käytettiin myös rivi- ja kerrostalojen autopaikkojen laskemisessa. Kun kaavaluonnos etenee, tarkentuu myös autopaikkojen osuus hulevesien muodostumisessa. Valuma-alueilla 4 ja 5 ei ole rivi- tai kerrostaloasutusta kummassakaan kaavaluonnoksessa, minkä takia Taulukossa 4.4 niiden kohdalle on merkitty viiva.

Taulukko 4.4 Rivi- ja kerrostaloalueilla kerran viidessä vuodessa esiintyvällä 10 minuutin mitoitussateella muodostuvat kaavamääräyksen mukaan viivytettävät vesimäärät sekä viivytetyn vesimäärän osuus tonttikohtaisista vesimääristä sekä valuma-aluekohtaisista vesimääristä. Määrät on ilmoitettu osavaluma-alueittain sekä luonnoksen A että B osalta.

1/5 vuodessa, 10 min						
Valuma-alue	Viivytettävä vesimäärä kaavamäär. mukaan		Viivytetty vesimäärä, tonttikohtaisesti		Viivytetty vesimäärä, valuma-aluekohtaisesti	
	Luonnos A	Luonnos B	Luonnos A	Luonnos B	Luonnos A	Luonnos B
	m ³	m ³	%	%	%	%
VA1	84	109	52	59	6	9
VA2	25	10	50	66	1	0,4
VA3	2	13	42	55	0,4	3
VA4	-	-	-	-	-	-
VA5	-	-	-	-	-	-

Veden viivyttäminen tonteilla on tärkeää, koska Kevätkummusta Kevätlaakson puolelle putkia pitkin tuleva vesimäärä on niin suuri, että viivyttäminen ennen veden johtamista yleisiin hulevesirakenteisiin on oleellista puron virtaamahuippujen tasaamiseksi sekä yleisille alueille rakennettavien hulevesirakenteiden koon hallitsemiseksi. Skaftkärrin ensimmäisellä asemakaava-alueella Toukovuoressa tonteilla oli määräys viivyttää hulevesiä 0,5 m³ jokaista 100 m² kovaa pintaa kohden. Jos tämä sama määräys olisi voimassa Kevätlaakson alueella, saataisiin koko kaava-alueen vesimäärästä viivytettyä omakoti- sekä rivi- ja kerrostalotonteilla ainoastaan 4 %. Kun viivytyksvaatimus on 1 m³ jokaista 100 m² kohden, saadaan omakotitalo-, rivitalo- ja kerrostalotonteilla viivytettyä vettä yhteensä 9 %. Tämä on huomattavasti parempi, ja vähentää yleisille puistoalueille muodostettavien viivytysrakenteiden tarvetta.

4.2.1 Esimerkkiratkaisuja tonttikohtaiseen viivytykseen

Tonttikohtaisena viivytyksratkaisuna voidaan käyttää joko hulevesiallasta, viivytyspainannetta tai imeytysjärjestelmää, josta vedet johdetaan lopulta viivyntyneinä kunnalliseen hulevesiviemäriin. Kevätlaaksossa katualueiden hulevedet tullaan viemäröimään kokonaisuudessaan, joten myös tonttikohtaiset järjestelmät voidaan suunnitella viemäreihin liitettäviksi. Hulevesiviemäriin kerättävät vedet puretaan Kevätlaaksossa kulkevaan puroon.

Hulevesialtaat ja viivytyspainanteet on tarkoitettu veden viivyttämiseen maan pinnalla, jolloin niistä voidaan optimaalisissa olosuhteissa muodostaa myös maisemallisia vesiaihteita. Kaavamääräyksen mukaiseen 1 m³ vesimäärän viivyttämiseen jokaista 100 m² kovaa pintaa kohden päästään, kun viivytetty vesimäärä on mitoitussateella (1/5 vuotta, 10 min) 1,75 m³. Tällainen vesimäärä saadaan viivytettyä esimerkiksi painanteessa, joka on pinta-alaltaan noin 6 m² ja syvyydeltään 0,3 m ollessaan täynnä. Pienemmällä sademäärillä lammikko ei täyty kokonaan, ja rakenneratkaisusta riippuen sitä on mahdollista käyttää piha-alana sen ollessa osittain tai kokonaan tyhjänä. Painanne on mahdollista eristää vettä läpäisemättömällä tai vettä hitaasti läpäisevällä kerroksella, jolloin pihalle voidaan saada pysyvä vesiaihe. Kuvassa 4.2 on esitelty esimerkki kasvipeitteisestä hulevesipainanteesta sekä hulevesialtaasta.



Kuva 4.2 Esimerkkikuva kasvillisuuden peittämästä hulevesipainanteesta sekä hulevesilammikosta (Suunnittelukeskus Oy 2007).

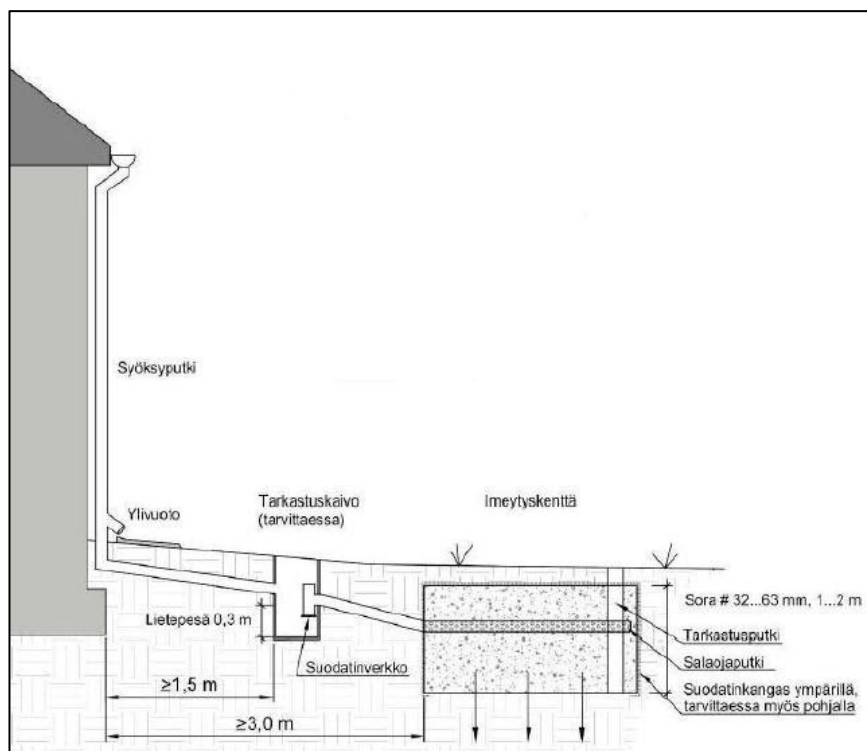
Hulevesioppaassa (Kuntaliitto 2012) on esitetty karkea hinta-arvio hulevesilammikolle. Esimerkkihinta on hoidettuun puistoon sijoitettavalle lammikolle ja se määräytyy sen perusteella, että jokaista lammikkoneliömetriä kohden tarvittaisiin maankaivua $0,75 \text{ m}^3$. Pinta olisi esimerkihinnan mukaan nurmetettu ja kivetty ja lisäksi lammikkoon olisi asennettuna purkukaivo. Tämänkaltaisen rakenteen hinnaksi tulisi noin 40 euroa pinta-alaneliömetriä kohden. Jos samaa hintaa sovellettaisiin suoraan tonttipidätyskohteissa, tulisi yksittäisen noin 6 m^2 kokoisen hulevesilammikon hinnaksi 240 euroa. Viivytyksrakenteet tulee suunnitella niin, että ne tyhjentyvät vedestä kokonaan 24 tunnin aikana sadetapahtumasta.

Rakennetuilla pinnoilla syntyviä hulevesiä voidaan myös imeyttää maaperään, jolloin ne suotautuvat lopulta pohjavedeksi. Imeytystä suunniteltaessa on huolehdittava imeytysjärjestelmän tarpeeksi suuresta etäisyydestä rakenteisiin, jotta imeytettävät vedet eivät aiheuta rasitetta rakenteille. Imeytyskentän pohja on asetettava lähistön rakenteiden alapuolelle. (Eskola ja Tahvonen 2010) Kevätläakson mäkisessä maastossa tämä vaatimus voi tuottaa hankaluuksia muilla kuin lähinnä laakson pohjaa olevilla tonteilla.

Imeytys on mahdollista toteuttaa myös viivyttävänä rakenteena. Tällöin imeytys tapahtuu maan alla, mutta vedet suotautuvat imeytymisen jälkeen salaojaputkeen maaperän sijaan. Salaoja- ja sadevesiputken yhdistelmänä käytetään yleensä vain yläpuolelta rei'itettyä muoviputkea. Tällöin sadevedet saadaan suotautumaan maan läpi putkeen, mutta ne eivät jää maan alle rakennuksen läheisyyteen, vaan ne saadaan johdettua eteenpäin kohti haluttua purkupaikkaa (esim. hulevesiviemäri tai avo-oja). (Eskola ja Tahvonen 2010)

Jotta tonteilla pystytään imeyttämään kaavamääräyksen vaatima $1,75 \text{ m}^3$, tarvitaan sitä varten 7 m^3 imeytystilavuus, kun käytetään huokostilavuudeltaan 0,25 olevaa soraa. Imeytyskerroksen paksuudeksi tulisi 1 m. Hulevesioppaan (Kuntaliitto 2012) yksinkertaistetun hinta-arvion mukaan tämänkokoisen imeytysjärjestelmän kustannukseksi tulisi noin 400 euroa, jos erillistä imeytyskerrosta ei tarvitsisi rakentaa, ja noin 900 euroa tilanteessa, jossa maaperän ominaisuudet vaatisivat muutostöitä imeyttämisen mahdollistamiseksi.

Kuvassa 4.3 on esitelty maanalaisen imeytysrakenteen periaate. Kuvan järjestelmässä hulevedet imeytetään maaperään, mutta viivyttävässä rakenteessa imeytyskentän alle asennetaan putki, johon vedet suotautuvat maaperän sijaan. Imeytysrakenteen yhteyteen on mahdollista asentaa myös kaivo, jolloin varastoitunutta vettä voidaan pumpata ja hyödyntää esimerkiksi kastelussa. Imeytysrakenteet tulee suunnitella niin, että ne tyhjentyvät 48 tunnin kuluessa sadetapahtuman alusta.



Kuva 4.3 Esimerkkikuva maanalaisesta imeytysrakenteesta (Suunnittelukeskus Oy 2007).

Kevätlaaksossa luonnollisimpia alueita imeyttämiseksi ovat kaava-alueen länsi- ja eteläosien moreenialueet. Näillä alueilla itse imeytyskentän rakentaminen on läpäisevän maaperän ansiosta yksinkertaista. Tärkeää moreenimaassa on tiivistää viivytykseen tarkoitetun imeytyskentän reunat niin, että imeytettävät vedet valuvat kentän läpi salaoja-putkiin, eivätkä siirry kohti rakennuksia ja niiden pohjarakenteita. Pääasiassa Kevätlaakson itä- ja pohjoisosissa sijaitsevat savialueet ja etenkin Kuvaan 2.2 violetilla merkityt, yli 5 metriä paksut savikerrokset ovat imeytysratkaisun kannalta huonointa aluetta. Myös paksun saven alueella imeytyskentän toteuttaminen on mahdollista, mutta vaatii huomattavasti suuremman maanrakennustyön kuin moreenialueella toteutettava vastaava rakenne. Kalliotonteilla imeyttäminen ei ole toteuttamiskelpoinen vaihtoehto, vaan vesiä on viivytettävä maanpäällisissä rakenteissa.

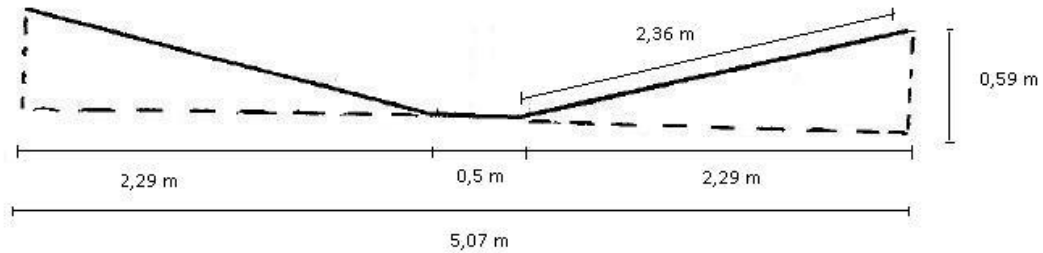
Maanpäälliset viivytyksrakenteet, joihin halutaan istuttaa paljon kosteutta vaativaa kasvillisuutta, on helpointa toteuttaa savikkoalueilla. Näin huonosti vettä läpäisevä maaperä mahdollistaa sen, että kosteus jää ylimpään pintamaakerrokseen kasvien käytettäväksi. Myös rakenteet, joihin halutaan muodostaa pysyvä tai silloin tällöin ilmenevä vesipinta, on parasta toteuttaa savikkoalueilla, jolloin lammikon vesipinnan säilyttämiseksi tehtävät maanmuokkaustyöt jäävät kaikkein vähäisimmiksi.

4.3 Kevätlaakson puro

Kevätlaakson pohjalla nykytilassa sijaitseva oja on luonteva valinta hulevesien purku- paikaksi. Se sijaitsee laakson matalimmassa kohdassa, joten vesien johtaminen sitä kohti tapahtuu painovoimaisesti. Hulevesien tehokas kulkeutuminen vaatii ojan muokkaamista tarkoitukseen sopivaksi puroksi. Puron mitoituksessa lähtökohtana toimivat sen sopiminen puistoympäristöön sekä kohtuullinen kuljetuskapasiteetti, jotta siihen tuleva vesimäärä saadaan kuljetettua eteenpäin. Uoma päätettiin muotoilla leveähköksi ja loi-

vareunaiseksi, jolloin sitä voitaisiin käyttää kuivana aikana puistoalana, kun taas rankalla sateella puron vastaanottokapasiteetti olisi hyvä.

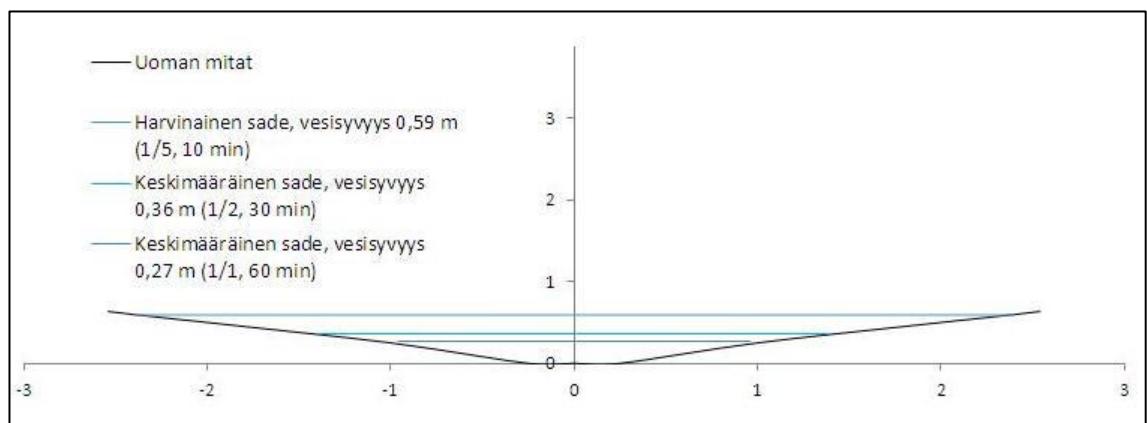
Puro suunniteltiin sen kokoiseksi, että se pystyisi täynnä ollessaan kuljettamaan 990 l/s suuruisen virtaaman. Tällainen kuljetuskapasiteetti on purolla, jonka pohjan leveys on 0,5 m, luiskan pituus 2,36 m, luiskien kaltevuus 1:4, ja jonka kokonaisleveys on 5 m. Puron pituuskaltevuus on 0,001. Puron mitat on esitetty poikkileikkauksessa Kuvassa 4.4.



Kuva 4.4 Kevätlaakson puron poikkileikkauksen periaatekuva ja mitat.

Puro mitoitettiin edellä mainitun kokoiseksi, koska viiden metrin kokonaisleveys ajateltiin maksimileveydeksi puron sijaitessa yleisellä puistoalueella. Maksimileveyttä haluttiin käyttää, koska Kevätkummusta putkia pitkin Kevätlaaksoon tuleva vesimäärä (katso kappale 3.1) on niin suuri, että vaikka puro olisi täynnä, vettä jäisi silti viivytettäväksi pienimmillä usein esiintyvilläkin sateilla, kuten kerran vuodessa esiintyvällä 30 minuutin sateella.

Tarkkoja tietoja siitä miten korkeaksi vesi millaisellakin sateella purossa nousee, ei voi esittää ennen kuin suunnitelmat viivytysaltaiden ja –kosteikkojen sijoittamisesta on tehty. Kuvassa 4.5 on esitetty arvioita siitä millainen vedenkorkeus purossa olisi kerran vuodessa esiintyvän 60 minuutin sateen, kerran kahdessa vuodessa esiintyvän 30 minuutin sateen ja kerran viidessä vuodessa esiintyvän 10 minuutin sateen yhteydessä. Kerran vuodessa esiintyvän sateen yhteydessä vedenpinta nousisi noin 27 cm korkeuteen, kerran kahdessa vuodessa esiintyvän sateen yhteydessä noin 36 cm korkeuteen ja kerran viidessä vuodessa noin 59 cm korkeuteen, mikä on puron maksimisyyvyys.



Kuva 4.5 Arvioita puron vedenkorkeudesta erilaisten sadetapahtumien yhteydessä.

Puron suhteen on kaavoituksen edetessä vielä päätettävä minkä muotoisena purouoma kulkee laaksossa, ja kuinka se sijoitetaan maisemaan. Lisäksi on pohdittava millä tavalla kappaleessa 4.4 käsiteltävät viivytysrakenteet sekä viemäreitä pitkin kerättävät vedet yhdistetään puroon. Viemäreiden purkukohdat on mahdollista suunnitella niin, että putkia pitkin johdettavat vedet eivät purkaudu sen valuma-alueen sisälle, jolta ne on kerätty, jolloin saadaan joustavuutta viivytysrakenteiden ja vesiaiheiden sijoitteluun.

4.4 Viivytettävä vesimäärä

Hulevesien viivyttäminen on tärkeää, jotta virtaamahuippuja saadaan pienennettyä ja vesimäärää hallittua. Taulukkoon 4.5 on koottu kuinka paljon vettä Kevätlaakson alueella jäisi viivytettäväksi siinä tapauksessa, että puroon johdettava vesimäärä olisi niin suuri, että yleisimmilläänkin sateilla puro virtaisi täytenä. Tämä tarkoittaisi 59 cm vedenkorkeutta purossa. Taulukossa on esitelty vesimäärät, jotka syntyisivät kerran kahdessa vuodessa esiintyvällä 30 minuutin sateella, kerran viidessä vuodessa esiintyvällä 10 minuutin sateella ja kerran 200 vuodessa esiintyvällä 30 minuutin sateella. Luvuissa on huomioitu jo omakoti- sekä rivi- ja kerrostalotonteilla viivytetty vesimäärä. Vesimäärät on esitetty sekä luonnoksen A että luonnoksen B osalta.

Taulukko 4.5 Viivytettäväksi jäävä vesimäärä erilaisten sadetapahtumien yhteydessä, kun puro on jo täynnä. Arvot ovat teoreettisia ja riippuvat viivytysrakenteiden sijoittumisesta puron suhteen.

Valuma- alue	Luonnos A			Luonnos B		
	1/2 a	1/5 a	1/200 a	1/2 a	1/5 a	1/200 a
	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³
VA1	-	700	2900	-	430	2000
VA2	1280	1890	6800	1270	1880	6790
VA3	-	-	-	-	-	-
VA4	-	150	950	-	200	1090
VA5	-	-	-	-	-	-

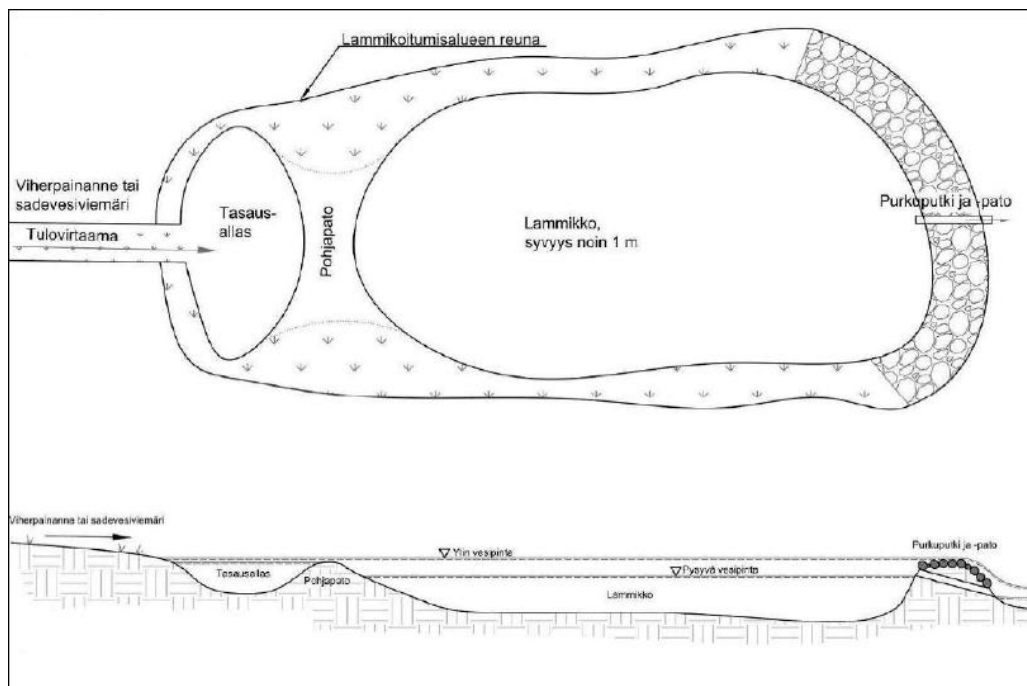
Taulukon luvut ovat teoreettisia arvoja ja riippuvat siitä miten viivytysrakenteet asetetaan suhteessa Kevätlaakson puroon sekä millä tavalla hulevesiviemäröinnin purku Kevätlaakson puroon toteutetaan. Lisäksi tilanteessa, jossa viivytettävät vesimäärät ovat yllämainitun kaltaisia, puro virtaa täytenä. Tilanteessa, jossa puron vedenpinta halutaan asettaa alemmaksi, tarvitaan viivytystilavuutta ennen veden puroon johtumista taulukossa mainittua enemmän.

4.4.1 Viivytysrakenteet

Viivytysrakenteissa on tonttikohtaisen viivytyksen tapaan useita erilaisia vaihtoehtoja; lammikkoja, rakennettuja altaita, kosteikkoja, viivytyspainanteita tai maanalaisia viivytysrakenteita. Hulevesilammikot ja -kosteikot vaativat pysyvän vesipinnan säilyttämiseksi tarpeeksi laajan, vähintään noin 10 hehtaarin, valuma-alueen. Kevätlaaksossa pysyvä vesipinta on helpointa saavuttaa valuma-alueella 2, jonne Kevätkummun suurelta valuma-alueelta (VAL) tuleva putki purkautuu. Sekä lammikot että kosteikot suositellaan sijoitettaviksi olemassa olevien painanteiden tai ojien kohdalle, jotta vesi ohjautuisi

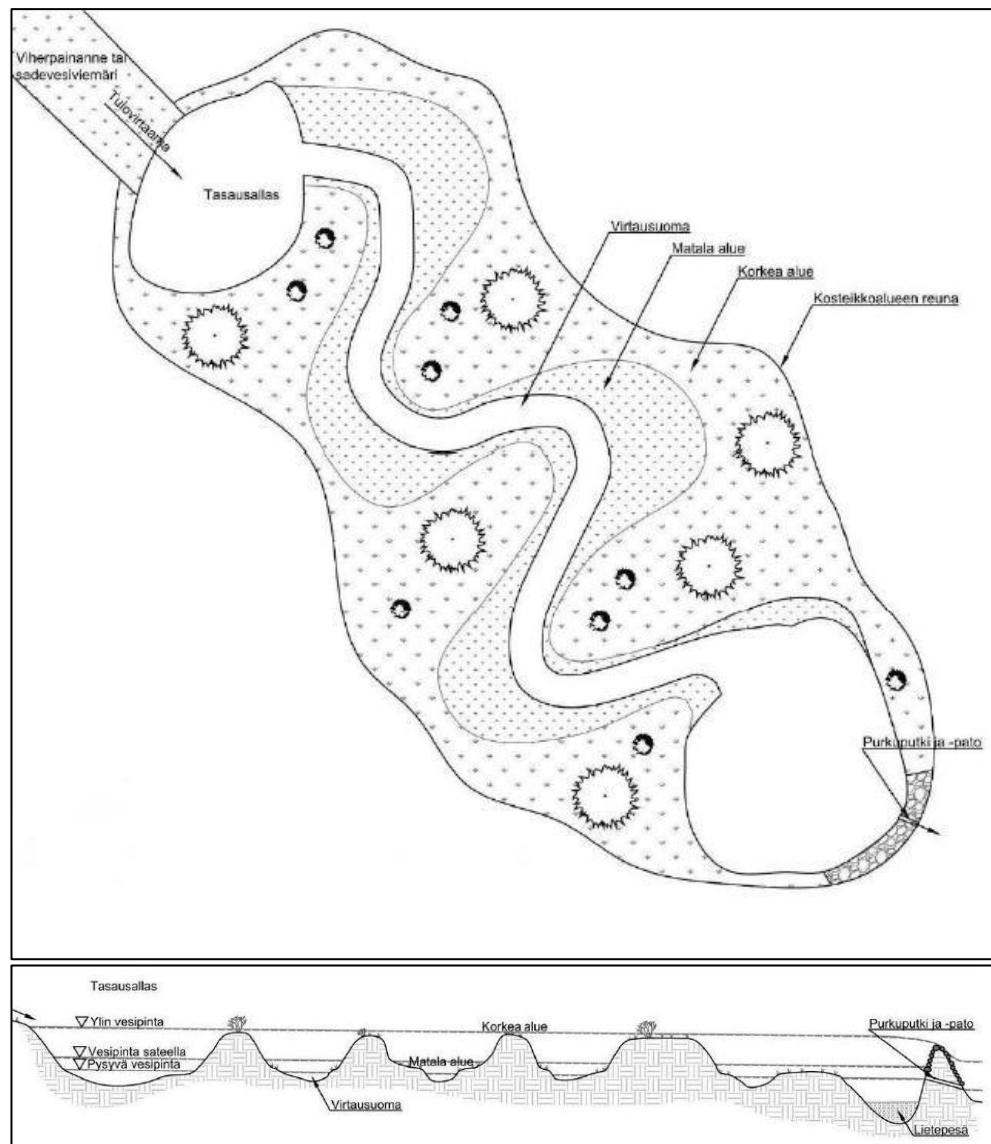
viivytyrakenteeseen mahdollisimman luonnollisesti. Kosteikko eroaa lammikosta lähinnä siinä, että se on runsaan vesi- ja kosteikkokasvillisuuden peittämä ja vesipinta on alempana. Lammikoiden ja kosteikkojen alkupäähän tulisi sijoittaa kooltaan 10–15 % koko lammikoitumisalueen pinta-alasta oleva tasausallas, johon suurin osa kiintoaineesta saadaan laskeutettua. Tasausallas on suunniteltava sellaiseksi, että se saadaan puhdistettua helposti esimerkiksi kaivinkoneella. Näin saadaan vähennettyä varsinaisen lammikon tai kosteikon huoltotoimenpiteitä. Sekä lammikoiden että kosteikkojen reunat suositellaan tehtäväksi loiviksi, 1:4–1:5 ja molempien rakenteiden optimaalinen pituuden suhde leveyteen olisi 3:1–4:1, ja vähintään 2:1. (Kuntaliitto 2012)

Kuvassa 4.6 on esitetty esimerkki hulevesilammikosta poikkileikkauksineen. Lammikon etuosaan on asetettu erillinen tasausallas, johon kiintoaineet laskeutuvat.



Kuva 4.6 Esimerkki hulevesilammikosta (Suunnittelukeskus Oy 2007).

Kuvassa 4.7 on esitetty esimerkki kosteikosta, jossa on sekä kuivana että veden alla olevia alueita. Kosteikkoalueilla korkeat ja matalat alueet vaihtelevat niin, että lisääntynyt vesimäärä pääsee hallitusti nousemaan korkeammille alueille täytettyään ensin kosteikon matalat osat. (Kuntaliitto 2012)

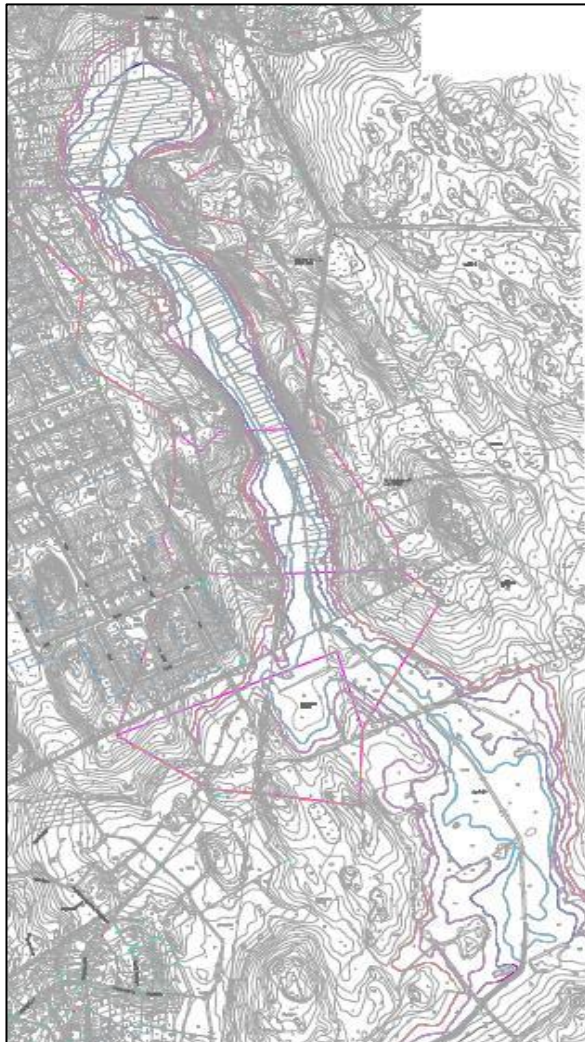


Kuva 4.7 Esimerkki hulevesikosteikosta (Suunnittelukeskus Oy 2007).

5 Tulvatarkastelu

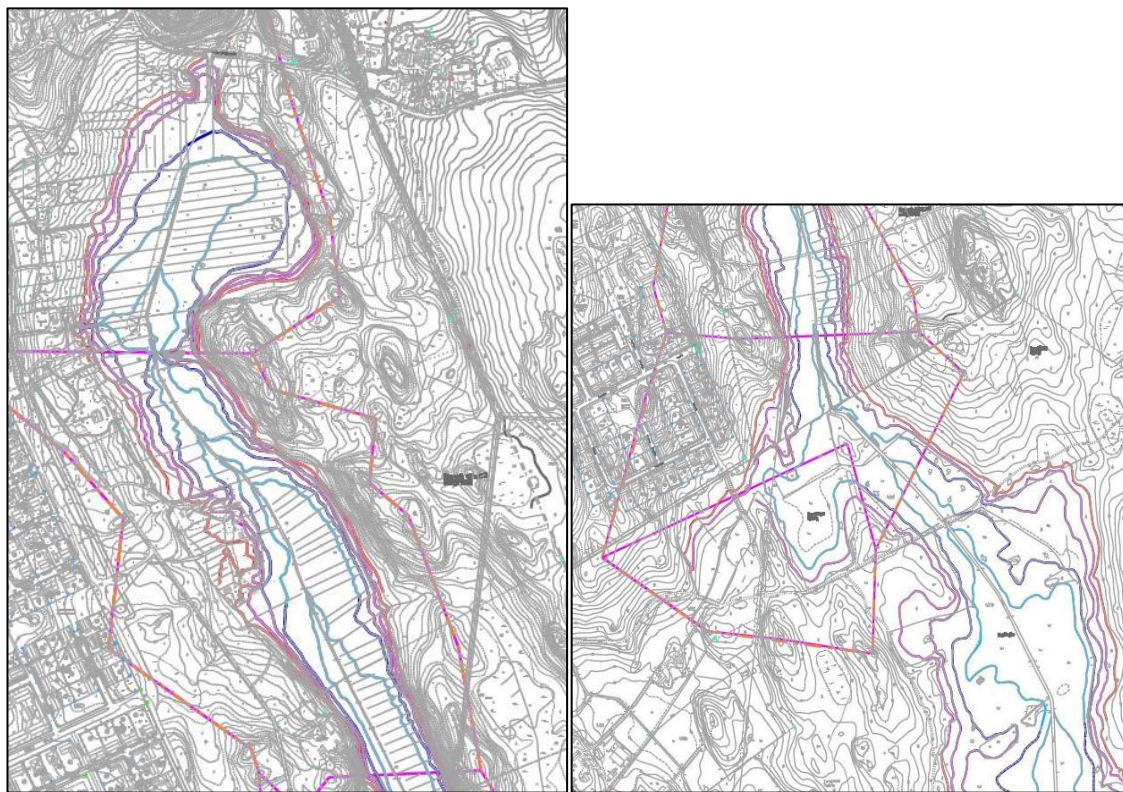
Laki tulvariskien hallinnasta määrää kunnat huolehtimaan hulevesitulvariskien hallinnasta. Kuntien tulee tehdä alustava arviointi riskeistä, nimetä merkittävät riskialueet sekä laatia tulvavaara- sekä tulvariskikartat. Alueille, jotka on nimetty merkittäviksi tulvariskialueiksi, on tehtävä tulvariskien hallintasuunnitelma. (Laki tulvariskien hallinnasta 620/2010)

Kuvassa 5.1 on esitelty millä tavalla vesi tulvatilanteessa lähtee korkeuskäyrien mukaan Kevätlaaksossa nousemaan. Vaaleansinisellä reunustettu alue on ensimmäinen korkeuskäyrä, joka on puron korkeutta ylempänä. Näin ollen puron tulviessa, vesi nousee ensin tämän korkeuskäyrän ja puron välimaastoon. Seuraavaksi vesi nousee tummansinisellä rajatulle alueelle jne. Veden nousu on kartoissa kuvattu täysin teoreettisesti pohjautuen alueen pinnanmuotoihin.



Kuva 5.1 Veden nouseminen korkeuskäyrien mukaan Kevätlaaksossa.

Kuva 5.2 selkeyttää tilannetta, jossa vesi nousee. Kuvan vasemmanpuoleisessa osiossa on esitelty Kevätlaakson pohjoisosa ja oikeanpuoleisessa Kevätlaakson eteläosa.

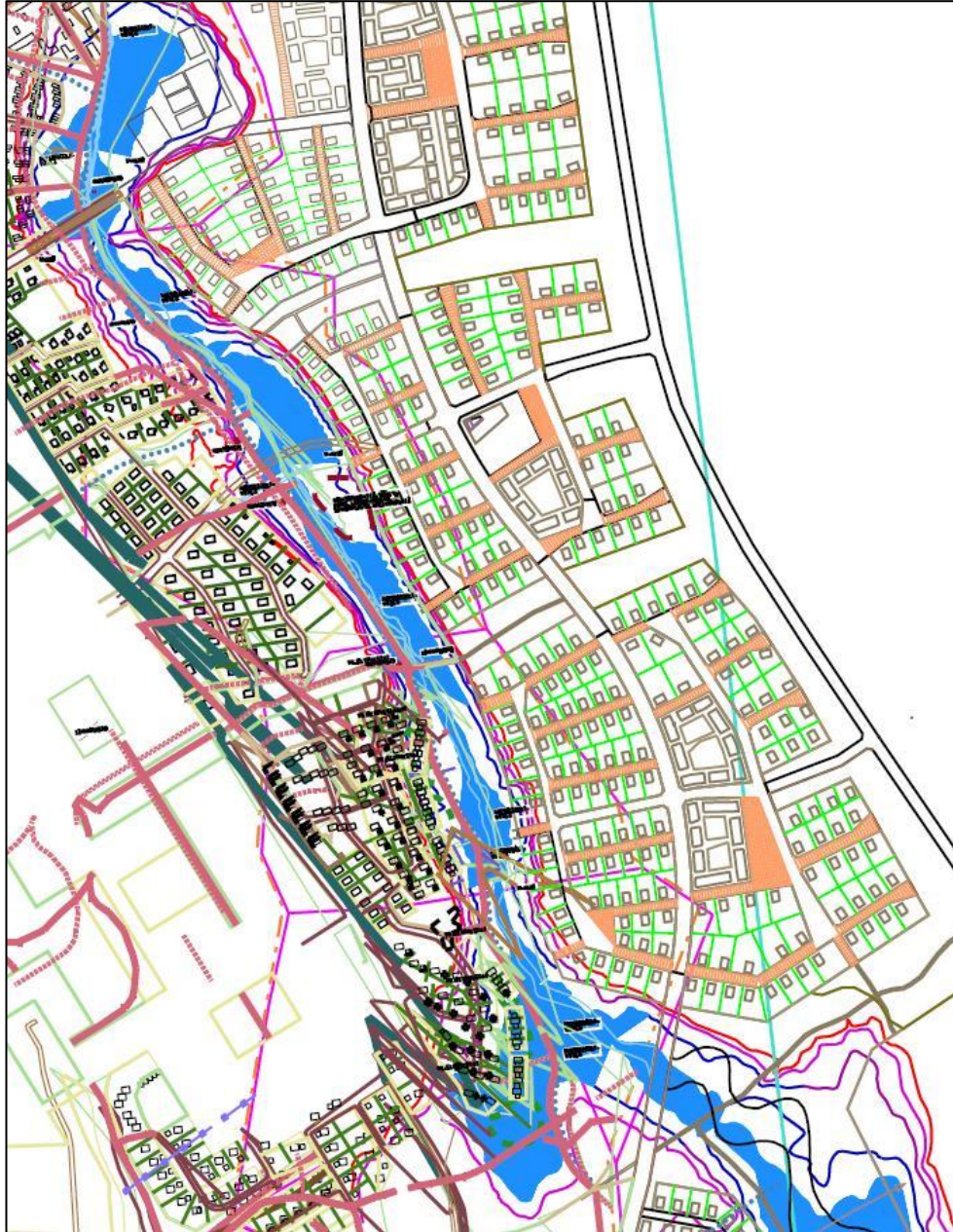


Kuva 5.2 Veden nouseminen korkeuskäyrien mukaan Kevätlaaksossa, vasemmalla pohjoinen ja oikealla eteläinen alue.

Kuvan 5.1 sekä Kuvan 5.2 perusteella voidaan sanoa, että todennäköisin paikka veden lammikoitumiselle olisi valuma-alueiden 4 ja 5 kaakkoispuolella, jossa maasto on tasaista ja alavaa. Tätä aluetta olisi hyvä harkita käytettäväksi harvinaisimpien sateiden yhteydessä mahdollisesti aiheutuvien tulvien tulvimisalueena, jonne vesi voi lammikoidua hallitusti ilman että se aiheuttaisi merkittäviä akuutteja riskejä. Alueen käyttäminen tulvimisalueena tarkoittaa, ettei sinne sijoiteta asutusta tai muuta merkittävää infrastruktuuria. Pienempinä tulvimisalueina on mahdollista käyttää myös muita Kevätlaakson luonnollisesti alavia kohtia, joihin tulvatila saadaan kaavoitettavien rakennusalueiden puitteissa mahtumaan.

Kuvassa 5.3 on esitetty yllämainittu veden nouseminen korkeuskäyrittäin ja samaan kuvaan on lisätty Kevätlaakson kaavaluonnos sekä kaavarunko, josta näkyy Kevätlaakson itäosaan hahmotellut alueet. Alimpien korkeuskäyrien sisäinen alue, jolle vesi ensimmäisenä nousee, on väritetty sinisellä. Kuva havainnollistaa millä tavalla veden nouseminen suhteutuu suunniteltuihin alueisiin. Puroa ympäröivä alin laaksonosa, joka on kuvassa väritetty siniseksi, on melko suuri ja pystyy vastaanottamaan suuren vesimäärän ilman, että se Kuvan 5.3 mukaan ulottuisi suunnitelluille asuinalueille juuri ollenkaan. Vasta veden nouseminen punaisella rajatulle alueelle aiheuttaisi suuren riskin alueen asutukselle. Puistoalueiden kuntoon vaikuttaisi jo veden nouseminen siniseksi väritetylle alueelle.

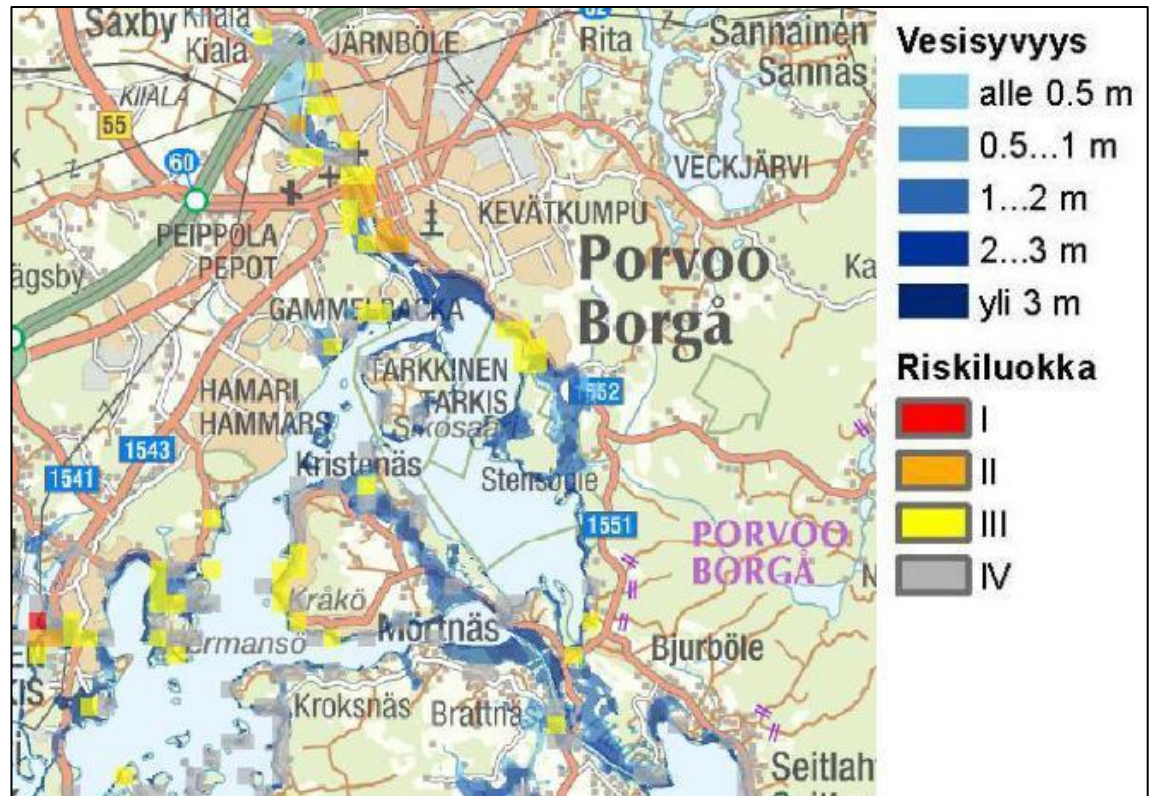
Tarkempi tulvatarkastelu, jossa pystyttäisiin huomioimaan esimerkiksi se mille korkeudelle vesi nousee tietynlaisen sadetapahtuman aikana, vaatisi mallinnusohjelmien käyttöä tai tarkkoja valmiita suunnitelmia hulevesiratkaisujen toteutuksesta.



Kuva 5.3 Veden nouseminen korkeuskäyrien mukaan Kevätklaaksossa suhteessa kaavaluonnokseen. Sinisellä on väritetty alimpien korkeuskäyrien sisään jäävä alue, jolle vesi nousee ensimmäiseksi.

Tulvareitit tulee huomioida kaikissa viivytävissä sekä imeyttävissä rakenteissa ylivuotomahdollisuutena. Ylivuoto toimii tilanteessa, jossa rakenteeseen kohdistuu sen kapasiteetin ylittävä virtaama. Ylivuoto suunnitellaan niin, että sitä pitkin normaalia suuremmat vesimäärät saadaan johdettua hallitusti eteenpäin.

Uudenmaan ELY-keskuksen vuonna 2010 teettämän tulvariskikartoituksen mukaan Porvoossa on meritulvan riskialueita, mutta Kevätlaakso ei kuulu näihin alueisiin (FCG 2010). Kuvassa 5.4 on esitetty ote tulvariskikartasta Porvoon kohdalta. Meritulvien riskialueet eivät ulotu Kevätlaaksoon asti.



Kuva 5.4 Tulvariskikarttaote Porvoon kohdalta (FCG 2010).

Lähdeluettelo

Aaltonen, J., Hohti, H., Jylhä, K., Karvonen, T., Kilpeläinen, T., Koistinen, J., Kotro, J., Kuitunen, T., Ollila, M., Parvio, A., Pulkkinen, S., Silander, J., Tiihonen, T., Tuomenvirta, H., Vajda, A. 2008. Rankkasateet ja taajamatulvat (RATU). Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristö 31/2008. 120 s. ISBN 978-952-11-3210-0.

Eskola, R. & Tahvonen, O. 2010. Hulevedet rakennetussa viherympäristössä. Hämeen ammattikorkeakoulu, Hämeenlinna 152 s. ISBN 978-951-784-522-9.

FCG. 2010. Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan rannikkoalueiden alustava tulvariskien arviointi. Raportti 31004-13090. Uudenmaan ELY-keskus, Y-vastuualue. 34 s.

Ilmatieteen laitos. Sadetta ja poutaa. Lainattu 16.10.2013. Saatavilla: <http://ilmatieteenlaitos.fi/sade>.

Kotro, M. 2001. Hulevesien koostumus ja käsittely. Teoksessa Nordic Envicon Oy. hulevesiin ja kiinteistöjen kuivatukseen liittyvän lainsäädännön kehittäminen. Esiselvitys.

Kuntaliitto. 2012. Hulevesiopas. 150 s. ISBN 978-952-213-896-5.

Laki tulvariskien hallinnasta. 2010. L 24.10.2010/620 muutoksineen.

Pöyry. 2012. Skaftkärr, energiatehokkuus kaavoituksessa. Kaavarungon selostus. Porvoon kaupunki, Sitra, Posintra, Porvoon Energia, Ympäristöministeriö. 57 s.

Suunnittelukeskus Oy. 2007. Hulevesien luonnonmukaisen hallinnan menetelmät, suunnitteluohje. Kuopion kaupunki.

Tielaitos. 1993. Teiden suunnittelu IV. Tien rakenne 4, Kuivatus. Tietekniikka, kehittämiskeskus, Helsinki. 69 s.

