

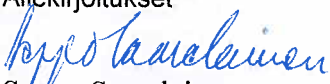




KUVA: LAURI PELTONEN, KITTILÄ 27.05.2004

Rakennetun ympäristön sopeuttaminen ilmastonmuutoksen aiheuttamille tulvavaikutuksille Tutkimuskohteena Vantaanjoki

Kirjoittajat: Kaj Mäntylä & Seppo Saarelainen

Luottamuksellisuus: Julkinen

Raportin nimi Rakennetun ympäristön sopeutuminen ilmastonmuutoksen aiheuttamille tulvavaikutuksille, tutkimuskohteena Vantaanjoki	
Asiakkaan nimi, yhteyshenkilö ja yhteystiedot Ympäristöministeriö	Asiakkaan viite
Projektin nimi Rakennetun ympäristön sopeutuminen ilmastonmuutoksen aiheuttamille tulvavaikutuksille	Projektin numero/lyhytnimi 3090, tulvaselvitykset
Raportin laatija(t) Kaj Mäntylä & Seppo Saarelainen	Sivujen/liitesivujen lukumäärä 180 s. + liitt. 10 s.
Avainsanat toteutunut tulva, tulvavahingot, tulvavahinkojen estäminen, rankkasadetulva, viemäritulva	Raportin numero VTT-R-04429-08
Tiivistelmä Tutkimuksessa selvitettiin tulvan aiheuttamia haittoja ja vahinkoja heinäkuussa 2004 Vantaanjoen ja Keravanjoen alueella aiheutuneiden tulvien johdosta ja kehitettiin menetelmiä ilmenneen tulvan rekonstruoinemiseksi vahinkoselvityksiä varten, tulvan kohdistumisen selvittämiseksi sekä inventointimenetelmiä vahinkojen tunnistamiseksi ja dokumentoimiseksi. Selvitettiin vahinkojen ja haittojen teknistä laatua ja kustannuksia toteutuneessa tulvatilanteessa. Kohdetutkimusten perusteella arvioitiin mahdollisuuksia tulvavahinkojen ja -haittojen vähentämiseksi, rajoittamiseksi ja estämiseksi suojelutoimenpitein, alueellisin keinoin, kaavasuunnittelun keinoin ja kohteessa tehtävin toimenpitein.	
Luottamuksellisuus	Julkinen
Espoo 16.5.2008 Allekirjoitukset    Seppo Saarelainen erikoistutkija, laatija	
Jouko Törnqvist erikoistutkija, tarkastaja	
Eila Lehmus teknologiapäällikkö, hyväksyjä	
VTT:n yhteystiedot PL 1000, 02044 VTT	
Jakelu (asiakkaat ja VTT) Ympäristöministeriö, VTT	
VTT:n nimen käyttäminen mainonnassa tai tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.	

Alkusanat

Ilmastonmuutokseen liittyvien rankkasateiden ja myrskyjen arvioidaan aiheuttavan aikaisempaa voimakkaampia ja useammin toistuvia tulvatilanteita, joissa vedenpinta meressä, vesistöissä ja kuivalla maalla saattaa nousta rakenteiden tai toiminnan kannalta haitalliselle tai vahinkoja aiheuttavalle tasolle. Rakennetun ympäristön suojelemiseksi ja vahvistamiseksi tarvitaan menetelmiä, joilla vaikutuksia voidaan ennakoida, rajoittaa ja estää.

Tulva syntyy lumen sulaessa ja/tai rankkasateella. Tulvan syntyminen ja voimakkuus riippuvat valuma-alueen ominaisuuksista. Tulvavahinkoja syntyy, jos tulva-alueella on kohteita, rakenteita tms., joihin syntyy haitallisia vaikutuksia, kuten korjausta edellyttäviä vaurioita tai käytön estymistä.

Tulvien samoin kuin muidenkin ilmastovaikutusten huomioon ottaminen kuuluvat perinteisesti hyvän suunnittelutavan piiriin niin yhdyskuntien kuin rakenteidenkin suunnittelussa. Mitoitus ei useinkaan ole tarkka. Näin vahinkoriskien arviointi erityisesti poikkeavien ilmastoilmiöiden vaikutusten suhteen on epätarkkaa. Toteutunut äärivaikutus kuten merkittävä tulva on yhdyskuntarakenteen "koekuorimitus", ja havaitut vahingot ja haitat kuvaavat todellista vastetta. Mikäli ilmastonmuutoksen vaikutuksesta tulvien voimakkuus ja toistuvuus kasvavat, niin vahinkotasot muutoksen johdosta on arvioitavissa. Samoin voidaan realistisesti arvioida niitä suojelu-, vahvistamis- ja parantamistarpeita, joita nykyisissä yhdyskunnissa on. Samalla voidaan arvioida niitä periaatteita, joita tulee soveltaa yhdyskuntien sekä rakenteiden suunnittelussa uudisrakentamista varten.

Tutkimus tehtiin Ympäristöklusterin hankkeena. Tutkimuksen rahoittivat Ympäristöministeriö ja VTT. Hankkeessa on oltu yhteydessä useisiin Vantaanjoen tulvista kärsineisiin kuntiin (Riihimäki, Tuusula, Kerava, Vantaa ja Helsinki). Kerava, Tuusula, Vantaa sekä Maa- ja metsätalousministeriö luovuttivat tutkimuksen käyttöön tulvavahinkotietoja ja korvausmenettelyyn liittyvää aineistoa.

VTT:ssa tutkimuksen tekivät tutkija Kaj Mäntylä ja erikoistutkija Seppo Saarelainen.

Sisällysluettelo

Alkusanat.....	2
Terminologia ja käytetyt lyhenteet	7
1 Johdanto.....	9
1.1 Tausta.....	9
1.2 Tavoitteet	9
1.3 Toteutus.....	10
2 Vantaanjoen vesistö tulvanäkökulmasta.....	11
2.1 Perustietoja Vantaanjoen vesistöstä	11
2.2 Tulvat Vantaanjoen vesistössä	16
2.3 Tärkeimmät tulvapaikat Vantaanjoen vesistössä	17
3 Sadanta, lumen vesiarvot ja pakkaskertymät, erityisesti vuosien 1966 ja 2004 tulvissa	20
3.1 Sadanta ja lumen vesiarvot.....	20
3.1.1 Sadannan ja lumen vesiarvon keski- ja ääriarvot Vantaanjoen alueella	20
3.1.2 Sadanta ja sulavan lumen vesiarvot vuoden 1966 kevättulvassa	21
3.1.3 Sadanta vuoden 2004 kesätulvassa	22
3.2 Pakkaskertymien vaikutus kevättulvien muodostumiseen	24
3.3 Veden kierto ja kohdentuminen vuosien 1966 ja 2004 tulvissa.....	26
4 Veden kierron arviointimalli Vantaanjoen valuma-alueella	29
4.1 Arviointimallin yleiskuvaus ja käyttömahdollisuuksia.....	29
4.2 Laskentamallin toiminta ja sisältö.....	30
4.3 Mallin muuttujiin liittyviä tietoja ja näkökohtia	31
4.3.1 Sade- ja sulamisvesien imeytyminen maahan	31
4.3.2 Sade- ja sulamisvesien haihtuminen.....	32
4.3.3 Sade- ja sulamisvesien varastoituminen ja varastointi järviin	33
4.3.4 Jokiin päätyvän sade- ja sulamisveden määrän mittaaminen	34
4.3.5 Hulevedet.....	34
4.3.6 Tapahtumien ajoitukset ja viiveet niiden välillä.....	35
5 Virtaamat ja vedenkorkeudet, erityisesti vuosien 1966 ja 2004 tulvissa	35
5.1 Virtaamat tulvissa.....	35
5.1.1 Virtaaman tilastolliset tunnusluvut Vantaanjoen vesistössä	35
5.1.2 Virtaamat tulvissa keväällä 1966 ja kesällä 2004.....	37
5.2 Vedenkorkeudet tulvissa	39
5.2.1 Vedenkorkeuden tunnusluvut Vantaanjoen vesistössä.....	39
5.2.2 Vedenkorkeudet tulvissa keväällä 1966 ja kesällä 2004	40
5.2.3 Kuntakohtaisia tietoja eri jokiosuuksien vedenkorkeuksista tulvissa ..	42
5.3 Virtaaman ja vedenkorkeuden suhde tulvissa.....	43
6 Tulvavahingot rakennuksissa, tiestössä ja muussa infrastruktuurissa.....	46
6.1 Kiinteistöjen ja rakennusten tulvavahingot	46
6.1.1 Rakennusten tulvavahingot Vantaalla	46
6.1.2 Rakennusten tulvavahingot Tuusulassa	53
6.1.3 Rakennusten tulvavahingot Järvenpäässä	53

6.1.4	Rakennusten tulvavahingot Keravalla	53
6.1.5	Rakennusvahingot Helsingissä	59
6.1.6	Rakennusten tulvavahingot Riihimäellä	60
6.2	Tiestön ja liikenteen tulvavahingot	62
6.2.1	Tiestön ja liikenteen tulvavahingot Keravalla	62
6.2.2	Tiestön ja liikenteen tulvavahingot Vantaalla	63
6.2.3	Tiestön ja liikenteen tulvavahingot muissa kunnissa	64
6.3	Muun infrastruktuurin tulvavahingot	65
6.3.1	Talousveden laadun huonontuminen Riihimäellä vuonna 2004	65
6.3.2	Muita infrastruktuurin tulvavahinkoja kunnittain.....	66
7	Tulvavahinkojen kustannukset.....	70
7.1	Tulvavahinkojen kokonaiskustannuksia kunnittain.....	70
7.1.1	Kerava, kesän 2004 tulvavahinkojen kokonaiskustannukset	70
7.1.2	Vantaa, kesän 2004 tulvavahinkojen kokonaiskustannukset	71
7.1.3	Vertailutietona Pori, kesän 2007 tulvavahinkojen kokonaiskustannukset.....	72
7.1.4	Muita kuntakohtaisia tietoja tulvavahinkojen kokonaiskustannuksista ja vahinkopotentiaaleista.....	73
7.2	Rakennusten vahinkokustannukset kesän 2004 tulvassa.....	74
7.2.1	Rakennusten tulvavahinkokustannukset Vantaalla	74
7.2.2	Asuinrakennusten tulvavahinkokustannukset Keravalla	78
7.2.3	Rakennusten tulvavahinkokustannukset Helsingissä.....	80
7.2.4	Rakennusten ja irtaimiston tulvavahinkokustannukset Riihimäellä	80
7.2.5	Rakennus- ja kiinteistövahinkojen yksikkökustannuksia	81
7.3	Irtaimistovahinkojen kustannukset kesän 2004 tulvassa.....	82
7.3.1	Irtaimistovahinkojen kustannukset Keravalla	82
7.3.2	Irtaimistovahinkojen kustannukset Vantaalla	83
7.4	Tiestön ja liikenteen tulvavahinkokustannukset	84
7.4.1	Tiestön ja liikenteen tulvavahinkokustannukset Keravalla	84
7.4.2	Tiestön ja liikenteen tulvavahinkokustannukset Vantaalla	86
7.4.3	Skenaario päätien vaurioitumisen kustannusvaikutuksista, case junaradan alikulku Itä-Vantaalla	94
7.5	Muun infrastruktuurin tulvavahinkokustannukset	97
7.5.1	Talousveden laadun huonontumisen vahinko- ja haittakustannukset Riihimäellä vuonna 2004.....	97
7.5.2	Talousveden laadun huonontumisen vahinko- ja haittakustannukset Jokelassa vuonna 2004	102
7.5.3	Nissinojan tulviminen Karhuntassuntien rakennuskohteessa Keravalla vuonna 2004	105
7.5.4	Muun infrastruktuurin tulvavahinkokustannukset muissa kunnissa ..	107
7.6	Muut tulvien vahinko- ja haittakustannukset	107
7.6.1	Muut tulvien vahinko- ja haittakustannukset Keravalla.....	107
7.7	Kunnille koituneet kustannukset kesän 2004 tulvista ja rankkasateista	108
7.7.1	Kustannukset Keravan kaupungin vesihuollon liiketoiminta-alueelle	108
7.7.2	Vantaan kaupungille koituneet kustannukset	109
7.7.3	Muiden kuntien kustannukset.....	111
7.8	Tulvavahinkojen kokonaiskustannusten hahmottamisesta	111
8	Korvaukset tulvavahingoista	116
8.1	Tulvavahinkokorvauksiin liittyviä puutteita ja ongelmia	116
8.2	Vastuukysymykset tulvavahinkoasioissa	119
8.2.1	Vastuun jakautuminen	119

8.2.2	Tulvavahingot.....	119
8.2.3	Tulvasuojelu.....	120
8.3	Valtion varoista maksetut tulvavahinkokorvaukset.....	121
8.3.1	Yleistietoja vahingoista maksetuista korvauksista.....	121
8.3.2	Kesän 2004 tulvavahingoista maksetut valtion korvaukset Riihimäellä	121
8.3.3	Kesän 2004 tulvavahingoista maksetut valtion korvaukset Vantaalla	122
8.3.4	Kesän 2004 tulvavahingoista maksetut korvaukset Keravalla	123
8.4	Tulvavahinkojen korvausmenettelyn muutoksista	126
9	Ilmastonmuutos ja Vantaanjoen tulviminen	127
9.1	Ilmastonmuutos ja sen vaikutukset tulvien kannalta	127
9.2	Ilmaston muutosten ennakointi	129
9.2.1	Yleisten muutosten ennakointimenetelmät	129
9.2.2	Ääriolojen muutosten ennakointimenetelmät	129
9.3	Tulvien ennakointi.....	130
9.3.1	Tulvien ennakointimenetelmistä.....	130
9.3.2	Tulvien toistuvuus Vantaanjoen vesistössä	132
9.4	Ilmaston muutoksista 1900-luvulla	134
9.5	Ilmaston ja tulvien muutoksista vuoteen 2100 asti.....	136
9.5.1	Yleiset muutokset lämpötilassa, sateisuudessa ja maan routaantumisessa.....	136
9.5.2	Ääriolojen muutokset lämpötilan ja sateisuuden osalta.....	137
9.6	Vantaanjoen suurtulvia ilmaston uusissa äärioloissa	139
9.6.1	Suurtulva Vantaanjoessa talvella 2080 - esimerkkitapaus 1	140
9.6.2	Suurtulva Vantaanjoessa kesällä 2070 - esimerkkitapaus 2	142
10	Menetelmiä tulvimisen vähentämiseksi ja estämiseksi	143
10.1	Periaatteet	143
10.2	Tulvavaara- ja tulvariskikartat	145
10.3	Suurtulvat alue- ja kaavasuunnittelussa.....	149
10.4	Säännöstelyjen vaikutus ja mahdollisuudet	150
10.5	Tulvien torjunta Vantaanjoen vesistössä.....	151
10.5.1	Toteutetut tulvatorjuntatyöt	151
10.5.2	Suunnitellut tulvatorjuntatyöt.....	152
10.5.3	Muita Vantaanjoen vesistön tulvatorjuntaan vaikuttavia suunnitelmia.....	152
10.6	Sopeutuminen ilmastonmuutosten vaikutuksiin	153
10.7	Ohjaus- ja varautumiskeinot	153
10.7.1	Tulviin ja rankkasateisiin liittyvät ohjaus- ja varautumiskeinot.....	153
10.7.2	Rakennuksiin liittyvät ohjaus- ja varautumiskeinot	154
10.7.3	Tiestöön liittyvät ohjaus- ja varautumiskeinot.....	156
10.7.4	Muun infrastruktuurin ohjaus- ja varautumiskeinot.....	156
10.8	Pinta- ja hulevesien käsittelymenetelmistä	157
10.8.1	Kuivatussuunnittelun periaatteista	157
10.8.2	Hulevesien käsittelyn suunnittelu Vantaalla ja Helsingissä	158
10.8.3	Pinta- ja hulevesien hallinnan uhkatekijöistä ilmaston muuttuessa ..	159
11	Menetelmiä tulvavahinkojen rajoittamiseksi ja estämiseksi	160
11.1	Tulvavahinkojen estäminen ja rajoittaminen kesän 2004 tulvassa - havaintoja keinoista ja toimenpiteistä Keravalla.....	160

11.2 Varautuminen kiinteistöihin kohdistuvia tulvavahinkoja vastaan muissa kaupungeissa.....	162
11.3 Viemäriverkoston kunto ja vuotovedet	163
11.3.1 Vantaa	163
11.3.2 Kerava	163
11.3.3 Tuusula	164
11.4 Vahinkotutkimusten hyödyntäminen tulvavaikutustutkimuksissa	164
12 Yhteenveto ja johtopäätökset	165
12.1 Tulvat Vantaanjoella	165
12.2 Havaitut tulvavahingot kesällä 2004.....	166
12.3 Luonnon ääritilanteet (rankkasateet ja tulvat) yhdyskuntarakenteen "koekuormituksina"	167
12.4 Ilmasto-olot talvi- ja kesätulvaskenaarioissa	167
12.5 Vesimäärät ja Vantaanjoen virtaamat talvi- ja kesätulvaskenaarioissa	168
12.6 Skenaariotulvien vaikutuksista	169
12.7 Tulvan vaikutusten hallinta.....	170
12.7.1 Tulvakorkeuden ennakointi	170
12.7.2 Tulvavahingot.....	171
12.7.3 Tulvan vaikutusten estäminen kiinteistöllä	171
12.7.4 Kustannusten hallinta.....	172
12.8 Jatkotutkimustarve	172
Lähdeviitteet	173
Liite A: Talousveden laadun huonontumisen vahinko- ja haittakustannusten laskentaperusteet Riihimäen tapauksessa	181
Liite B: Tiestön ja liikenteen vahinko- ja haittakustannusten laskentaperusteet Vantaalla 2004.....	184
Liite C: Tulvavahinkojen ennakoiminen, syntyminen ja korjaus rakennuksissa	187

Terminologia ja käytetyt lyhenteet

Järvisyys	Järvien yhteenlaskettujen pinta-alojen osuus valuma-alueen pinta-alasta (%).
Luusua	Järven purkautumiskohta
Lumen vesiarvo, WS	Lumen vesiarvolla tarkoitetaan lumessa olevan veden määrää, ts. lumen massaa pinta-alayksikköä kohti. Vesiarvon yksikkö on millimetri (mm). Lukuarvoltaan se on sama kuin lumen massa kilogrammoina neliömetriä kohti (kg/m^2).
Toistumisaika	Toistumisaika tai toistuvuus on tilastollinen käsite, jolla tarkoitetaan sitä ajanjaksoa, jonka kuluessa ilmoitettu arvo keskimäärin kerran saavutetaan. Esimerkiksi HW (1/100) tarkoittaa sitä vedenkorkeuden arvoa, joka saavutetaan keskimäärin kerran sadassa vuodessa.
Tulva	Tulvalla tarkoitetaan sitä, että maanpinnalle nousee tai siinä virtaa vettä joko rankkasateen, vesistön vedennousun tai merenpinnan nousun seurauksena. Vesistötulvan aiheuttajana voi olla lumen sulaminen, jääpatojen aiheuttama veden nousu tai rankkasade. Meritulva syntyy, kun merenpinta nousee poikkeavan korkealle.
Tulvasuojelu	Vesistössä tai sen lähialueilla toteutettavia pysyviä toimenpiteitä, joiden tavoitteena on tulvavahinkojen tai -haittojen vähentäminen.
Tulvantorjunta	Tulvavahinkojen vähentämiseen tähtäävien ennen tulvaa ja sen aikana suoritettavien toimenpiteiden (pois lukien pysyvät rakenteet) suunnittelu ja toteutus sekä operatiivinen toiminta tulvatilanteessa.
Valuma-alue	Alue, jolta sade- ja sulamisvedet kertyvät määrityspisteeseen (km^2).
Q	Virtaama (m^3/s).
NQ	Alivirtaama. Tietyn havaintojakson alin virtaama. Virtaama mitataan yleensä kerran vuorokaudessa.
MNQ	Keskialivirtaama. Havaintojakson vuotuisten alivirtaamien keskiarvo.
MQ	Keskivirtaama. Havaintojakson keskimääräinen virtaama.
MHQ	Keskiylivirtaama. Havaintojakson vuotuisten ylivirtaamien keskiarvo.
HQ	Ylivirtaama. Tietyn havaintojakson suurin virtaama.
W	Vedenkorkeus merenpinnasta (m).
N60	Nykyisin käytettävä korkeusjärjestelmä, jonka nollakohta on vuoden 1960 Helsingin meriveden keskikorkeus.
NN	Vanha korkeusjärjestelmä. Siirtokorjaus N60- järjestelmään Vantaanjoen valuma-alueella +6 - 15 cm.

N43	Vanha korkeusjärjestelmä. Siirtokorjaus N60- järjestelmään Vantaanjoen valuma-alueella +6 - 9 cm.
NW	Alivesi. Tietyn havaintojakson alin vedenkorkeus. Vedenkorkeus mitataan yleensä kerran vuorokaudessa.
MNW	Keskialivesi. Havaintojakson vuotuisten alivesien keskiarvo.
MW	Keskivesi. Havaintojakson keskimääräinen vedenkorkeus.
MHW	Keskiylivesi. Havaintojakson vuotuisten ylivesien keskiarvo.
HW	Ylivesi. Tietyn havaintojakson ylin vedenkorkeus.
Hätä-HW	Vedenkorkeus, jonka ylittyminen voi aiheuttaa muutoksia patorakenteissa.
Tulva-HW	Vedenkorkeus, johon patoaltaan vedenpinta voidaan turvallisesti toistuvasti nostaa.
P	Sadanta (mm).
jm	Juoksumetri. Esim. 10 €/jm tarkoittaa 10 euron kustannusta uoman pituussuuntaista metriä kohden.

1 Johdanto

1.1 Tausta

Ilmastonmuutokseen liittyvien rankkasateiden ja myrskyjen arvioidaan aiheuttavan aikaisempaa voimakkaampia ja useammin toistuvia tulvatilanteita, joissa vedenpinta meressä, vesistöissä ja kuivalla maalla saattaa nousta rakenteiden tai toiminnan kannalta haitalliselle tai vahinkoja aiheuttavalle tasolle. Rakennetun ympäristön suojelemiseksi ja vahvistamiseksi on kehitettävä menetelmiä, joilla vaikutuksia voidaan ennakoida, rajoittaa ja estää.

VTT:n rakentamisen osaamiskeskuksissa on tutkittu viime vuosina ilmastonmuutoksen vaikutuksia yhdyskuntiin ja niiden toimintaan useasta näkökulmasta. Tätä työtä tukevat mm. alla mainittujen tutkimuksien tulokset. Ilmastonmuutoksen vaikutukset rakennettuun ympäristöön -tutkimushanke tehtiin vv. 2002 - 2004 (Ala-Outinen, T. et al. 2004). VTT osallistui Ympäristöklusterin hankkeeseen FINADAPT (mm. Carter 2007), jossa käsiteltiin ilmastonmuutokseen sopeutumista rakennetun ympäristön ja kuljetusten kannalta (Saarelainen 2006a ja 2006b) sekä poikkeuksellisia luonnonilmiöitä ja rakennettua ympäristöä muuttuvassa ilmastossa (mm. Makkonen 2006). Tiehallinnolle on valmistunut Ilmastonmuutokseen sopeutuminen tienpidossa -tutkimus (Saarelainen ja Makkonen 2007).

Tulvien ja muiden ilmastovaikutusten huomioon ottaminen kuuluvat hyvän suunnittelutavan piiriin. Vaikutusten mittasuhteiden arviointi on kuitenkin vaikeaa, ja niiden mitoitus ei useinkaan ole tarkka. Siten myös vahinkoriskien arviointi erityisesti poikkeavien ilmastoilmiöiden vaikutusten suhteen on epätarkkaa. Toteutunut äärivaikutus, kuten merkittävä tulva, on yhdyskuntarakenteen "koekuormitus", ja havaitut vahingot ja haitat kuvaavat todellista vastetta.

Mikäli ilmastonmuutoksen vaikutuksesta tulvien voimakkuus ja toistuvuus kasvavat, niin vahinkotaso muutoksen johdosta on arvioitavissa. Samoin voidaan realistisesti arvioida niitä suojele-, vahvistamis- ja parantamistarpeita, joita nykyisissä yhdyskunnissa on. Samalla voidaan arvioida niitä periaatteita, joita tulee soveltaa yhdyskuntien sekä rakenteiden suunnittelussa uudisrakentamista varten.

1.2 Tavoitteet

Tutkimuksen kohdealueena oli Vantaanjoen vesistöalue. Tutkimuksessa selvitettiin kohdealueella tapahtuneiden tulvien syntytapaa ja laajuutta, sekä erityisesti tulvien aiheuttamia vahinkoja ja haittoja sekä näiden kohdistumista tutkimuksessa valituissa kohdekunnissa. Perinteisistä kevättulvista tarkastelun kohteena oli vuoden 1966 suuri tulva, mutta tältä osin tarkastelua rajoitti merkittävästi mm. silloisia tulvavahinkoja kuvaavan aineiston kapeus. Mahdollisesti yleistymässä olevista kesätulvista tarkastelun kohteena oli vuoden 2004 heinä-elokuun suurehko tulva.

Työssä kehitettiin ennakointimenetelmiä ilmenneen tulvan rekonstruoimiseksi vahinkoselvityksiä varten, tulvan kohdistumisen ennakoimiseksi sekä inventointimenetelmiä vahinkojen tunnistamiseksi ja dokumentoimiseksi. Lisäksi selvitettiin vahinkojen teknistä laatua ja kustannuksia toteutuneissa tulvatilanteissa.

Kertyneen aineiston pohjalta arvioitiin kaavoituksellisia, alueellisia ja rakennekohtaisia toimenpiteitä ja menetelmiä vahinkojen estämiseksi ja rajoittamiseksi. Menetelmät liittyivät mm. tulvariskialueiden rajaukseen rakentamisen ulkopuolelle, rakentamisen rajoittamiseen tulvariskialueilla sekä rakennusten, verkostojen ja muiden rakenteiden sijoittamisperiaatteisiin. Uusien alueiden suunnittelun lisäksi tarkasteltiin täydennysrakentamista ja olemassa olevan rakennuskannan ja muiden rakenteiden suojaamista tulvilta. Työssä tarkasteltiin kaavoitukseen liittyviä suunnitteluperiaatteita ja suunnitelmien vaikutusten arviointia sekä rakennuslupaharkintaa kaava-alueiden ulkopuolella.

Tutkimuksessa muodostettiin kohdealueiden tulvaherkkyysarviot ja toimenpidesitykset. Erityisesti vuoden 2004 kesätulvan osalta pystyttiin muodostamaan varsin kattava kuvaus vahinkojen ja haittojen ilmenemisestä ja merkittävydestä. Kertyneen tiedon perusteella tarkasteltiin keinoja (kuten suojautumis- ja varautumismahdollisuuksia) tulvavahinkojen ja -haittojen estämiseksi ja minimoimiseksi.

1.3 Toteutus

Tutkimuksessa laadittiin tulvatilanteen dokumentointi valituissa tulvissa ja kohdekunnissa. Kertyneiden tietojen perusteella laadittiin kuvaus tarvittavista selvityksistä vahinkojen tyyppin, laajuuden ja kohdistumisen ennakoimiseksi, vahinkojen inventoimiseksi ja haittojen arvioimiseksi. Kohteiden perusteella muodostettiin kuvaa ja suosituksia tulvasuunnittelun toimenpiteiksi.

Tutkimusaineiston muodostivat kirjallisuus, ympäristöviranomaisten selvitykset ja tutkimukset, kuntien hallussa oleva materiaali ja tulvasta kärsineiden kiinteistöjen tiedot.

Tutkimuksen kohdekunnat olivat Vantaa ja Kerava sekä Helsinki, Riihimäki ja Tuusula. Kahden ensin mainitun osalta tutkimuksessa selvitettiin mahdollisimman kattavasti ja perusteellisesti erityisesti kesän 2004 tulvan aiheuttamia vahinkoja ja haittoja sekä näiden kohdistumista. Vahinkoselvitysten tekeminen osoittautui varsin työlääksi mm. sen takia, että tiedot vahingoista olivat varsin hajanaisia, osittain hankalasti löydettävissä ja osaksi vaillinaisia. Vahinkoselvitysten tekeminen vaati siten odotettua enemmän resursseja, ja siksi ne jäivät rajallisemmiksi tutkimuksen muiden kohdekuntien osalta. Tutkimus toteutettiin yhteistyössä kohdekuntien asiantuntijoiden kanssa. Yhtenä osana yhteistyötä hankittiin ja perehdyttiin kunnissa aiemmin tehtyihin selvityksiin tulvista ja niiden vaikutuksista. Tässä hankkeessa niitä pyrittiin täydentämään.

Tutkimuksessa laadittiin kuntakohtaiset osaraportit Vantaalla ja Keravalla. Ne toimivat eräänlaisina päiväkirjoina työn edistymisestä. Niihin dokumentoitiin kuntien kertyneitä ja tarkentuneita tietoja tulvien aiheuttamista vahingoista, haitoista ja muista vaikutuksista. Osaraportteihin kirjattiin myös työssä kiteytyneet suositukset, ehdotukset tai hypoteesit vaikutusten arvioimisesta ja tulvasuunnittelun toimenpiteistä.

Tutkimuksessa tehdyn muun tiedonhankinnan ja tutkimustyön pohjalta syntynyt aineisto muokattiin erilliseen tutkimusraporttiin. Tutkimuksen loppuraportti laadittiin sen ja kuntaraporttien perusteella. Loppuraportti sisältää tulvatilanteiden ja -vahinkojen kuvauksen sekä yhteenvetoesityksen suojelutoimenpiteistä ja alueelli-

sista ja rakennekohtaisista toimenpiteistä tulvavahinkojen rajoittamiseksi ja estämiseksi.

VTT:ssä tutkimuksen vastuullisena johtajana oli erikoistutkija Seppo Saarelainen. Pääosan tutkimustyöstä ja raportoinnista teki tutkija Kaj Mäntylä.

Tutkimuksen yhteistyötahot olivat edellä mainitut kohdekunnat, Suomen ympäristökeskus, Hämeen ja Uudenmaan ympäristökeskukset sekä VTT.

Tutkimuksessa oltiin yhteistyössä muiden Ympäristöklusterin hankkeiden "Sään ääri-ilmiöiden toistuvuus Suomessa" ja "Uusimpiin mallikokeisiin perustuvat arviot ilmaston muutoksesta sopeutumistutkimuksia varten (SUMPA)", joissa vastuullisena tekijänä on Ilmatieteen laitos.

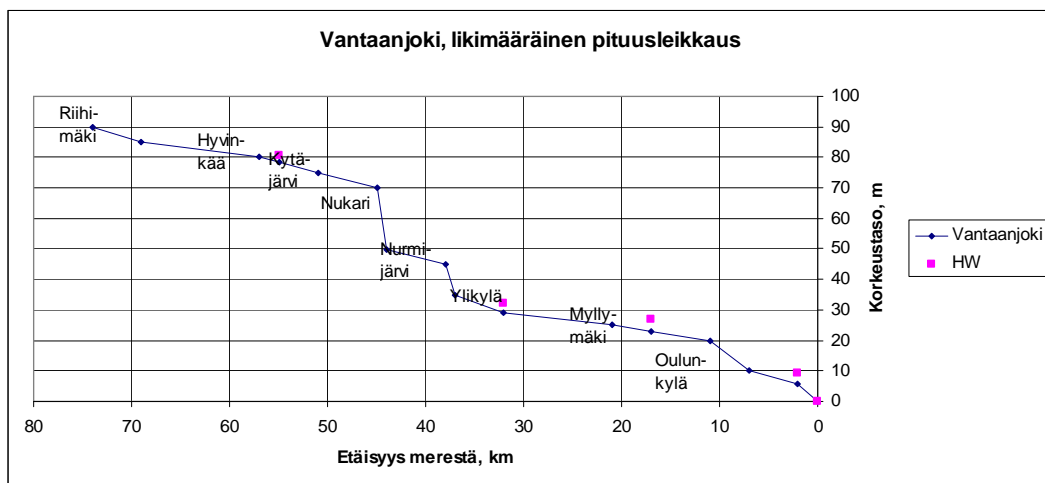
2 Vantaanjoen vesistö tulvanäkökulmasta

2.1 Perustietoja Vantaanjoen vesistöstä

Vantaanjoen vesistöalue sijaitsee Suomenlahden rannikolla pääosin Uudenmaan maakunnassa. Se on Etelä-Suomelle tyypillinen vähäjärvinen jokivesistö. Vesistöalueen pinta-ala on 1 686 km². Alueella on 10 pinta-alaltaan yli 1 km²:n kokoista järveä. Järvien osuus alueen koko pinta-alasta on vain 2,25 %.

Vesistöalueen pääuoma Vantaanjoki saa alkunsa Hämeen puolella Hausjärven kunnassa sijaitsevista Lumme- ja Erkylänjärvistä. Vantaanjoki päättyy Helsingissä Vanhankaupunginlahteen. Pääuoman pituus on 99 km ja sen leveys vaihtelee 10 metristä 50 metriin.

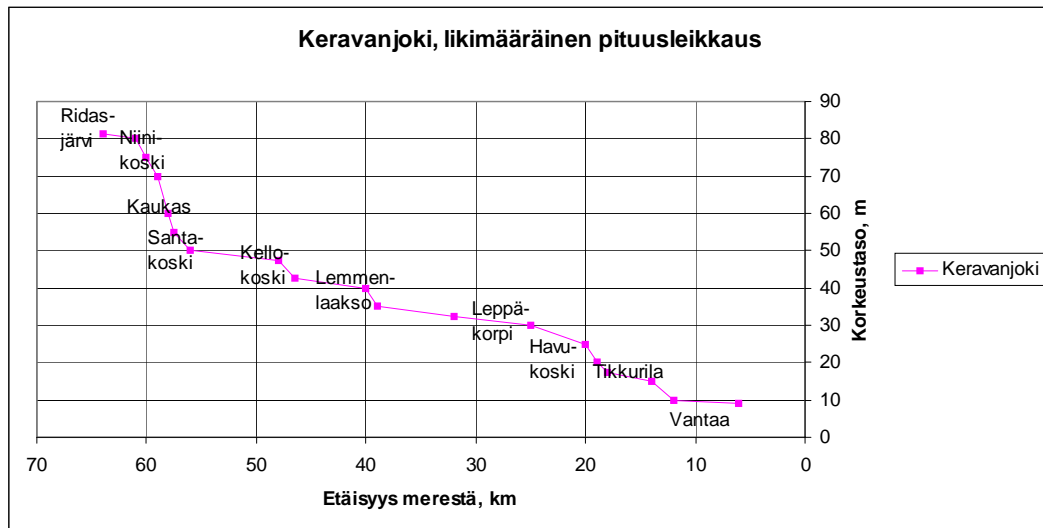
Vantaanjoen pudotuskorkeus Erkylänjärveltä Vanhankaupunginlahteen on 110 m Riihimäeltä Suomenlahteen ulottuvalla, vajaan 100 kilometrin matkalla. Vantaanjoen pinnan lasku on noin 90 metriä (kuva 1).



Kuva 1. Vantaanjoen pinnankorkeus välillä Riihimäki-Helsinki.

Vantaanjoessa on yli neljäkymmentä koskea. Suurin niistä on Nukarinkoski, jonka pituus on noin 1,3 km ja putouuskorkeus yli 25 m. Pitkäkoski on lähes yhtä pitkä, mutta sen putouuskorkeus on vain viisi metriä.

Vantaanjoen valuma-alue muodostuu yhdeksästä toisen jakovaiheen osavaluma-alueesta, jotka on nimetty Vantaanjoen sivuhaarojen mukaan. Keravanjoen pituusleikkaus on esitetty kuvassa 2. Osavaluma-alueiden numerot, nimet, pinta-alat ja järvisyydet on esitetty taulukossa 1. Osavaluma-alueet on esitetty kuvassa 3.



Kuva 2. Keravanjoki, pituusleikkaus.

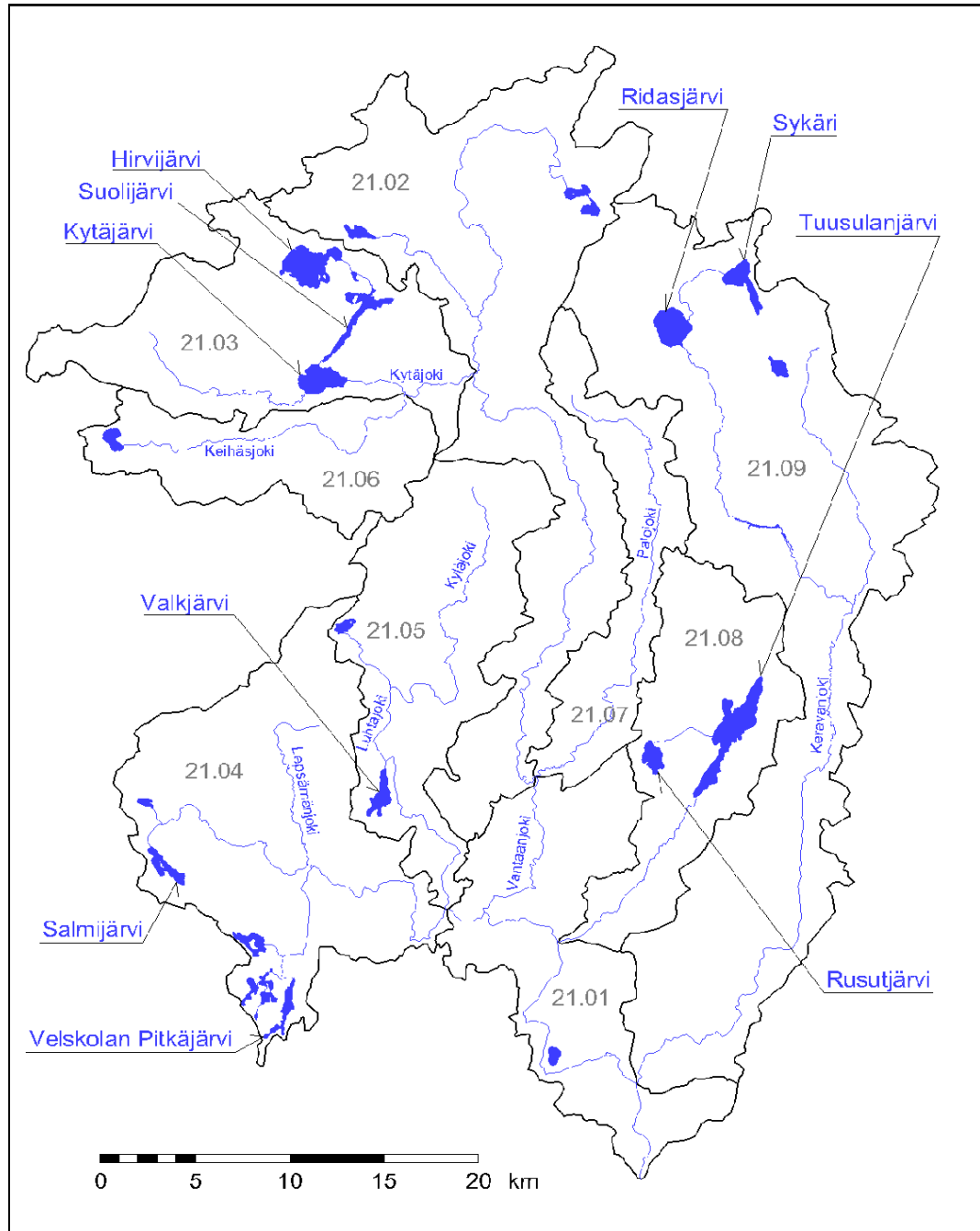
Taulukko 1. Vantaanjoen osavaluma-alueiden pinta-alat ja järvisuusprosentit (Ekholm 1993).

Nro	Nimi	Alaraja	Pinta-ala (km ²)	Järvisuus (%)
21.01	Vantaan alaosa	Suomenlahti	147,13	0,42
21.02	Vantaan yläosa	Palojoki	299,35	0,75
21.03	Kytäjärvi	Vantaa	164,81	6,59
21.04	Lepsämäenjoki	Luhtajoki	213,71	3,31
21.05	Luhtajoki	Lepsämäenjoki	153,54	1,44
21.06	Keihäsjoki	Kytäjoki	91,35	1,58
21.07	Palojoki	Vantaa	88,41	0,05
21.08	Tuusulanjoki	Vantaa	125,44	5,99
21.09	Keravanjoki	Vantaa	402,18	1,49
21	Vantaanjoki	Suomenlahti	1685,92	2,25

Vantaanjoki sivujokineen halkoo pääkaupunkiseutua ja laajemmin katsoen Helsingin seutua, joka nykyisin ulottuu pohjoisessa jo Riihimäen korkeudelle. Vesistön vaikutuspiirissä asuu valtava määrä ihmisiä. Vesistöalueen keskeiset kunnat mukaan laskien alueella asuu ja elää noin miljoona ihmistä. Valuma-alueen keskeiset kunnat ovat Helsinki, Vantaa, Tuusula, Järvenpää, Kerava, Nurmijärvi, Hyvinkää ja Riihimäki. Lisäksi valuma-alueen reunat ulottuvat Hausjärven, Lopen, Mäntsälän, Vihdin, Sipoon ja Espoon kuntien alueille. Vantaanjoen vesistön laajuus ja alueet kunnat on esitetty kuvassa 4.

Väestönkasvu ja elinkeinoelämän muutokset ovat muuttaneet vesistöalueen maankäyttöä voimakkaasti. Pääkaupunkiseutu on kasvanut jatkuvasti hyvin paljon, ja kasvun vaikutukset ovat heijastuneet vahvasti myös Keskeiselle Uudellemaalle.

Kasvun yhtenä tulemana on ollut jatkuva rakentaminen, joko vanhan yhdyskuntarakenteen sisällä sitä tiivistäen tai uusia taajama-alueita synnyttäen. Suuri asukastiheys lisää osaltaan paineita rakentaa yhä lähemmäs vesistöjä niiden luontaisten tulva-alueiden tuntumaan.



Kuva 3. Vantaanjoen osavalmu-alueet sekä suurimmat joet ja järvet. (Suhonen ja Rantakokko 2006).

Vantaanjoen pääuomasta 68 kilometrin pituinen osa kuuluu Natura-alueeseen. Natura-alue käsittää vain pääuoman vesialueen jokisuulta Vanhankaupunginlahdella Hyvinkään Kaltevan kylään asti. Joen suurimmat ja merkittävimmät kosket sijaitsevat alueella.

Vantaanjoki kulkee Vantaan ja Helsingin kaupungin alueilla laajan, tasaisen savi-kerrostuman päällä. Savea on paikoin yli 20 metriä. Ainoastaan Vantaankoskella

ja Pitkälkosken koskijaksolla yltaa jokiuoma laajemmin peruskallion pintaan. Jokiuomaa ympäröivä laaja, kallio- ja moreenimäkien ympäröimä savitasanko ei ole joen synnyttämä, vaan entistä merenpohjaa. Joki on muokannut sitä vain hyvin kapealta osalta.

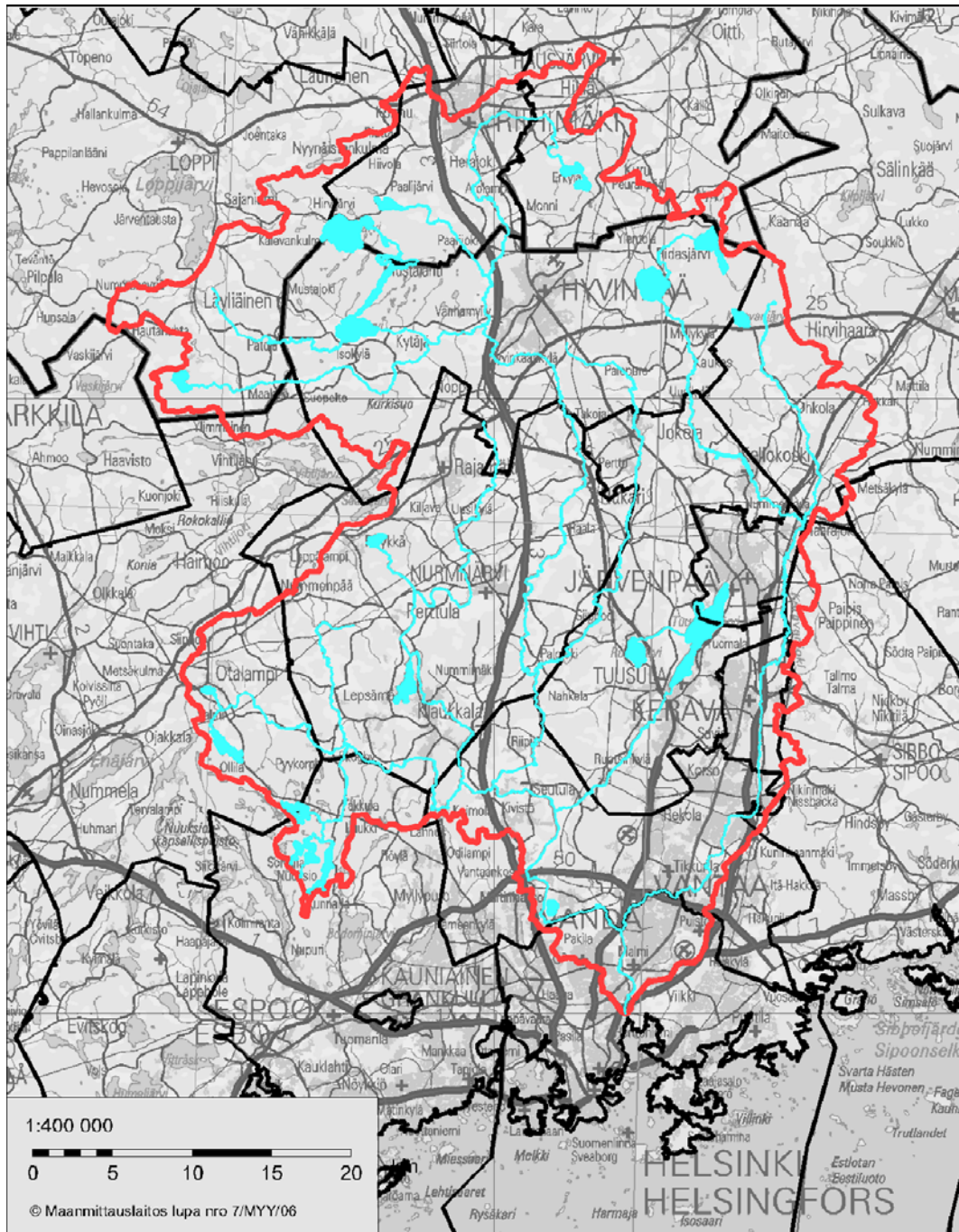
Jokivarren metsät ovat reheviä lehtoja. Savikot on kuitenkin valtaosin raivattu pelloiksi, jotka monin paikoin ulottuvat jokivarteen asti. Savimaiden kohdalla joen pohja on pehmeää liejua ja savesta johtuen joen vesi on sameaa.

Vantaanjoen vesistöalueella ei ole juuri jäljellä täysin luonnontilaisia uomia. Jokea on rakennettu ja ruopattu eri tarkoituksia varten 1500-luvulta lähtien. Vesistöä on muokattu perkaamalla ja rakentamalla patoja, pohjapatoja sekä mylly- tai muita rakenteita. Suurin osa rakenteista on poistettu käytöstä tai ne ovat niin matalia, ettei niillä ole suurta merkitystä tulvantorjuntaa ajatellen. (Suhonen ja Rantakokko 2006)

Vantaanjoen vesistöalueen suurimpien järvien säännöstelyt toteutettiin alun perin palvelemaan Helsingin vedenhankintaa. Nykyisin järvien säännöstelyt palvelevat pääasiassa virkistyskäyttöä. Esimerkiksi Tuusulanjärven säännöstelystä on tarkoitus luopua kokonaan.

Vantaanjoen virtaamavaihtelut ovat suuria, koska järviä on vähän ja ne sijaitsevat pääsääntöisesti vesistön latvaosissa. Järvien merkitys tulvavirtaamien tasaamiseen on melko vähäinen. Sade- ja sulamisvedet kasvattavat virtaamaa nopeasti, ja toisaalta vähäsateiseen aikaan vettä virtaa niukasti.

Tasaisuuden vuoksi on joen virtaama alajuoksullaan varsinkin Pitkälkoskelta eteenpäin hyvin hidasta. Normaalilla vedenkorkeudella matka Vantaan kaupungissa olevalta Pitkälkoskelta mereen kestää yhtä kauan kuin koko alkumatka Hyvinkäältä Pitkälkoskelle.



Kuva 4. Vantaanjoen valuma-alue ja kuntarajat. (Suhonen ja Rantakokko 2006).

Virtaaman vuosittainen keskiarvo Vantaanjoen alaosaalla sijaitsevalla Oulunkylän havaintoasemalla on yleensä välillä 15 - 25 m³/s. Vuosittainen suurin päiväkohtainen virtaama Oulunkylän havaintoasemalla on ollut valtaosin välillä 100 - 200 m³/s.

Vantaanjoen vesistöalueella on havainnointi hydrologisia suuria useiden vuosikymmenten ajan. Havainnot päivittyvät ympäristöhallinnon Hertta-tietojärjestelmään sekä Suomen ympäristökeskuksen ylläpitämille vesistöennustesivuille. Usein mittaustulosten vertailua hankaloittaa havaintojaksojen eriaikaisuus ja vaihteleva kesto. Lisäksi havaintoasemista mm. Kytä- ja Tuusulanjärvi sijaitsevat säännösteltyjen järvien alla, ja säännöstely vaikuttaa mittaushavaintoihin.

2.2 Tulvat Vantaanjoen vesistössä

Tulvavahinkotyöryhmän mietinnön (2006) mukaan tulvat voidaan jakaa yleisesti vesistötulvaan, merenpinnan noususta aiheutuvaan tulvaan sekä rankkasateen aiheuttamaan tulvaan muualla kuin vesistössä. Vesistötulvat aiheutuvat Suomessa yleensä sateista ja lumen sulamisesta, mutta myös jää- ja hyydepadot voivat aiheuttaa joessa paikallisesti voimakkaan vedenpinnan nousun. Tiheästi rakennetulla kaupunkimaisella alueella rankkasade voi aiheuttaa tulvimista sekä puroissa ja ojissa että kaduilla sadevesiviemäreiden kapasiteetin ylittyessä. (Tulvavahinkotyöryhmä 2006)

Mielenkiintoista on havaita, että tulvavahinkotyöryhmä tarkastelee viemäritulvina vain sadevesiviemäreissä tapahtuvaa tulvimista. Tulvatyöryhmä rajasi tarkastelun ulkopuolelle seka- ja jätevesiviemäreiden kapasiteetin ylittymisestä aiheutuvat tulvat.

Vantaanjoen vesistöalue on suhteellisen tulvaherkkä. Vantaanjoen vesistössä järvien merkitys tulvavirtaamien tasaamiseen on melko vähäinen. Lisäksi valuma-alueella tapahtuneet maankäytön muutokset ovat lisänneet vesistön tulvaherkkyttä, koska laajoilta tehokkaasti rakennetuilta tai ojitetuilta alueilta vesi valuu vesistöön nopeammin kuin vastaavalta luonnontilaiselta alueelta. Alivesien ja tulvakorkeuksien väliset vedenkorkeuserot jokiuomassa voivat olla useita metrejä.

Vantaanjoki on tulvinut varsin usein. Useimmat tulvat ovat olleet Suomessa tavallisia kevättulvia, jotka ovat aiheutuneet mm. runsaiden lumimäärien sulamisesta, jään määrystä jokiuomassa, sateista ja nopeista lämpötilan muutoksista sulamisjakson aikana. Vuoden 1950 jälkeen Vantaanjoen vesistöalueella on ollut kevättulvia vuosina 1951, 1966, 1970, 1984 ja 1999. Lisäksi alueella oli kesätulva vuonna 2004 ja talvitulva vuonna 2005. Edellä mainituista vuoden 1966 kevättulva oli selvästi suurin. Silloin tulva-alueiden yhteenlaskettu laajuus oli noin 1860 ha (Koivunurmi 1995).

Poikkeuksellisen rankat sateet voivat olla Vantaanjoen rakennetuilla alueilla erittäin hankalia ja yllättäviä, jos hulevesi- ja sekavesiviemärijärjestelmät eivät pysty ylikuormitustilanteessa purkamaan sadevesiä turvallisesti. Tästä syystä aiheutui paljon vahinkoja mm. rakennuksille kesän 2004 tulvissa. Taajamissa aiheutui vahinkoja muuallakin kuin tulvivien vesistöjen vaikutuspiirissä. Rankoista sateista kertyneet vesimassat aiheuttivat erityisen paljon vahinkoja mm. Riihimäellä.

Loppukesä 2004 oli erittäin runsassateinen. Pitkäaikaisista sateista johtuen maaperä oli jo valmiiksi poikkeuksellisen märkä heinä-elokuun taitteen sateiden alkessa. Siksi heinä-elokuun taitteen sateiden ankaruus ja maan huono imukyky aiheuttivat vahinkoja sekä suoraan sateena tulleesta vesimäärästä että vesistöjen tulvimisesta, mutta myös viemäriverkostojen ylikuormituksesta johtuen.

Vantaanjoen vesistössä on esiintynyt myös Etelä-Suomelle tyypillisiä talvitulvia. Talvien lämpötilavaihtelut ovat välillä suuria, ja lämpötila voi nousta välillä reilustikin plussan puolelle. Joinakin talvina sulamisjaksoja voi olla useampiakin. Yksistään jo lumen sulaminen lämpöjakson aikana voi synnyttää talvitulvan. Kuitenkin samanaikainen vesisadejakso muodostaa paljon suuremman tulvariskin.

Viimeksi Vantaanjoen vesistöalueella oli talvitulva vuonna 2005. Tammikuussa runsaat sateet ja lumen sulaminen aiheuttivat tulvia Vantaanjoen vesistöalueella. Samaan aikaan aiheutti merivedenpinnan nousu tulvavahinkoja Suomenlahden rannikolla.

Jää- ja suppopadot voivat nostaa vedenkorkeutta nopeasti pienemmilläkin tulvilla. Suppotulvien riski on suurimmillaan syksyllä ilman kylmetessä, mutta virtavesistöjen olleessa vielä sulina.

2.3 Tärkeimmät tulvapaikat Vantaanjoen vesistössä

Helsingin osalta keskeisiä tulva-alueita ovat Vantaanjoen vesistön läheisyydessä sijaitsevat alavat alueet (Helsingin kaupunki 2005). Vantaanjoen luontaiselle tulva-alueelle Savelaan rakennettiin asuinlähiö 1980-luvulla, mutta tulvan mahdollisuus huomioitiin jo rakennusvaiheessa. Muut pahimmat vahinkoriskialueet Helsingissä ovat Oulunkylän siirtolapuutarha sekä Kehä I:n ja Tuusulan väylän välinen alue. Näiden kohteiden suojaaminen rantapengerryksin tai tilapäisillä rakenteilla on selvästi edullisempi vaihtoehto kuin Vantaanjoen perkaaminen tai vesien johtaminen tunnelia pitkin mereen (Suhonen ja Rantakokko 2006).

Vantaankoskella Viilatehtaan alapuolelle saattaa myös syntyä jääpatoja, jotka pienemmälläkin tulvalla voivat nostaa vedenpintaa nopeasti.

Vantaalla on erittäin laaja tulvavaara-alue Vantaanjoella Kehä III:n ja Riipilän kylän välisellä jokiosalla, joka sisältää myös Tuusulanjoen alaosan. Alueen rajaus ilmenee myöhemmin tässä luvussa kohdassa, jossa kuvataan vuoden 1966 tulvan laajuutta.

Riihimäen kohdalla Vantaanjoki on kuivaan aikaan melko pieni uoma, mutta sateella vedenpinta nousee herkästi. Suurimmat tulvavahingot syntyvät Peltosaaren kerrostaloalueella. Vantaanjoen kaltevuus Riihimäen kaupunkialueella on pieni ja jokeen on rakennettu lukuisia siltarumpuja, jotka osaltaan heikentävät uoman virtauskapasiteettia. Vantaanjoen tulviessa on paine-ero joen vedenpinnan ja piha- ja katualueiden välillä pieni. Tämä lisää riskiä tulvavahinkojen syntymiselle.

Hyvinkäällä suurimmat tulvavaara-alueet ovat Kytä- ja Keihäsjokien varsilla. Esimerkiksi vuonna 1984 näillä alueilla jäi tulvan alle useita satoja hehtaareja peltoa ja metsämaata (Koivunurmi 1995).

Nurmijärvellä Luhtajoen varrella on tulvalle alttiita alueita Valkjärven alapuolella noin 30 ha sekä Isoniitulla Klaukkalan taajaman alapuolella noin 80 ha. Isoniitun tulvahaittojen vähentämiseksi suoritettu Luhtajoen perkaus valmistui vuonna 1990, mutta isommilla tulvilla alue kärsii yhä tulvahaitoista.

Nurmijärvellä Lepsämänjoki on varsin herkkä tulvimaan. Tulvasta kärsiviä alueita on yhteensä noin 160 ha. Lisäksi isolla tulvalla vesi saattaa päästä noin 80 hehtaarin suuruiselle Lepsämänjoen pengerrysalueelle. Tulva-alueesta suurin osa on peltoa, mutta joen varrella on myös 1 - 2 asuinrakennusta ja muutamia vapaa-ajanrakennuksia, jotka saattavat suurella tulvalla kärsiä vahinkoa. Luhtajoen varrella Klaukkalassa on muutamia siltoja, joiden yli vesi isommilla tulvilla saattaa virrata. Kirkkotien silta, Rusakontien ja Tulvatien silta.

Tuusulanjoen varrella on yhteensä noin 170 ha tulvavaara-alueita (Koivunurmi 1995), jotka muodostuvat kahdesta isommasta osa-alueesta. Alueista alempi ulottuu Myllykylän yläpuolelta Maisalantien sillalle ja ylempi Maisalantien ja Jokitien siltojen väliseltä alueelta Hyrylään. Käytännössä siis melkein koko Tuusulanjoen varrelle voi muodostua tulva-alueita. Tuusulanjoen kunnostuksen (alkaen 2006) yhteydessä joen vedenvälityskyky paranee huomattavasti. Toimenpiteiden seurauksena tulvakorkeudet alenevat ja tulvariski Jokitien sillan läheisyydessä pienee oleellisesti.

Vantaanjoen vesistöalueen suurimmat tulva-alueet vuoden 1966 tulvassa olivat seuraavilla paikoilla:

- Vantaanjoella ja Tuusulanjoen alaosalla Kehä III:n ja Riipilän kylän välisellä jokiosalla Vantaalla oli erittäin laaja tulva-alue, joka muodostui kahdesta osasta:
 - ensimmäinen osa oli alueella Königsted - **Seutula - Lapinniitty - Isoniittu - Åbyn teollisuusalue** - Viinikkala - Vantaankoski.
 - toinen osa oli alueella Jokipellot - Lamminpää - **Riipilä - Pirttiranta - Tapola** - (Keimola) - Königsted.
- Vantaanjoella oli laaja tulva-alue Helsingissä: (Tuomarinkylä - **Pukinmäki - Savela - Pihlajisto - Veräjänmäki** - Viikinmäki).
- Keravanjoella oli laaja tulva-alue Vantaalla ja Keravalla: Rekola - Matarinkoski - **Myras - Jokivarsi - Jokela**.
- Luhtajoen ja osin Lepsämänjoen varrella oli laaja tulva-alue Vantaalla, joka oli yhteydessä Kehä III:n ja Riipilän kylän väliseen tulva-alueeseen: Jokimaa - **Heponiitty - Luhtaanmäki**.
- Kytäjoen ja Keihäsjoen varrella oli erittäin laaja tulva-alue Hyvinkäällä: ainakin Kytäjän alue - Ridasjärven alue.

Vantaan kaupungin alueelta on tehty perusteellinen kartta vuoden 1966 tulvan laajuudesta, ja kartassa on myös tietoja suurimmilla tulva-alueilla toteutuneista vedenkorkeuksista. Tulva-altaiden laajuus kartalla perustuu Maanmittaushallituksen ilmakuvatoimiston kuviin. Tulva-altaiden vedenkorkeudet on arvioitu kuvien perusteella, ja vedenkorkeusarvioiden tarkkuus on noin $\pm 0,2$ m.

Vantaanjoessa tulvaveden korkeus Vantaan kaupungin pohjoisimmassa suuressa tulva-altaassa oli sen pohjoisosassa noin 29,9 metriä (mm. Lamminpää, Ahonii-tyntien varsi), hieman siitä alaspäin noin 29,6 metriä Pirttirannan lomakylän kohdalla, tulva-altaan keskellä noin 29,1 metriä Luhtaanmäenjoen ja Vantaanjoen yhtymäkohtaa ympäröivällä alueella ja tulva-altaan eteläpäässä noin 28,8 metriä (mm. Tapola juuri ennen Königstedtin kapeikkoa). Koko suuressa tulva-altaassa tulvaveden korkeus oli noin 0,9 metriä ($\pm 0,2$ m) pitkän ajan normaalitasoa korkeammalla.

Königstedtin kapeikon ja Seutulankosken jälkeen aukeni toinen suuri tulva-allas. Sen pohjoisosassa (juuri ennen Isoniittua) tulvaveden korkeus oli noin 28,0 metriä. Tulva-altaan keskiosassa (Seutulan Isoniittu) vedenpinnan korkeus oli 27,7 metriä. Seutulan Isoniitun alaosassa vedenpinnan korkeus oli 27,5 metriä. ja siitä alaspäin kapenevalla alueella korkeus oli noin 27,3 metriä (hieman ennen Åbyn teollisuusaluetta).

Pitkäjärven pohjoisosassa Vantaan kaupungin puolella vedenpinnan korkeus oli n. 20,6 - 20,8 metriä (Pitkäjärven normaali korkeus on 19,2 m.).

Keravanjokea on perattu vuoden 1966 jälkeen. Sen seurauksena Keravanjoen osalta tulvakartassa 1966 näkyvän tulva-altaan laajuus ei ole suoraan vertailukelpoinen myöhempien tulvien laajuushavaintojen kanssa. Keravanjoessa tehtyjen perkausten seurauksena myöhemmin tapahtuneiden tulvien laajuudet ovat olleet pienempiä kuin ne muutoin olisivat olleet (esim. vuoden 2004 tulvassa).

Vantaanjoen vesistöalueen suurimmat tulva-alueet vuoden 2004 tulvassa olivat seuraavilla paikoilla:

- Vantaanjoki tulvi Helsingissä Oulunkylän siirtolapuutarha-alueelle, ja vesi nousi 75 mökin pihalle (alueella on yhteensä 203 mökkiä). Vuoden 1966 tulvassa koko puutarha-alue oli veden vallassa.
- Vantaanjoen varrella Helsingissä noin kilometri Kehä I:n sillalta ylävirtaan on Jokipolku -niminen tie, joka jäi tulvaveden alle. Tien takana on omakotitaloja, joista osa saattaa suurtulvalla olla uhattuna.
- Vantaanjoella oli laaja tulva-alue Riihimäellä, joka kohdistui pahiten Peltosaaren kaupunginosaan.
- Vantaanjoella oli laaja tulva-alue (n 300 - 500 ha) Riihimäen kaupungin alapuolella. Pääosin tulva nousi Silmäkenevalle, mutta myös maatalousalueita jäi veden alle.
- Keravanjoki tulvi Vantaalla Tikkurilan Viertolassa, ja vesi nousi myös Kylmäojan alajuoksulla. Isolla tulvalla Keravanjoen korkealle nouseva vedenpinta nousee Kylmäojaan ja padottaa puron virtaamaa.
- Keravanjoen pienellä Nissinojan sivu-uomalla Keravalla syntyi lukuisia tulvavahinkoja, pääasiassa Keravantien pohjoispuolella.
- Kytä- ja Keihäsjokien varsilla Hyvinkäällä oli laaja tulva-alue (noin 200 ha) Kytäjän ja Ridasjärven alueilla.
- Luhtajoen varrella Nurmijärvellä oli tulva-alue heti Nurmijärven pengerrysalueen alapuolella, jossa noin 50 ha peltoa oli veden peitossa.
- Luhtajoella oli Nurmijärvellä toinenkin tulva-alue (noin 80 ha) Isoniitulla Klaukkalan taajaman alapuolella.
- Luhtajoki tulvi Nurmijärvellä myös Kirkkotien, Rusakontien ja Tulvatien kohdilla.
- Tuusulanjoen varrella oli tulva-alue (noin 70 ha) Myllykylän yläpuolelta Maisalantien sillalle.
- Tuusulanjoen varrella oli toinen tulva-alue (noin 100 ha) Maisalantien ja Jokitien siltojen väliseltä alueelta Hyrylään.
- Palojoki tulvi Tuusulassa Jokelan pohjoisosassa ja Terrisuontien alapuolella.

Vantaan kaupungissa sijaitsevilla tulva-alueella vedenpinnan korkeuksien välillä oli seuraavia eroja vuosien 1966 ja 2004 tulvissa:

Vantaan kaupungissa sijaitsevilla tulva-alueella vedenpinnan korkeuksien välillä oli seuraavia eroja vuosien 1966 ja 2004 tulvissa:

- Vantaanjoessa Vantaan kaupungin pohjoisimmassa suuressa tulva-altaassa vedenpinta oli noin 0,6 - 0,7 metriä ($\pm 0,2$ m) korkeammalla vuonna 1966 kuin vuonna 2004. Korkeusero oli sama tulva-altaan kaikissa osissa eli Luhtaanmäenjoen ja Vantaanjoen yhtymäkohta ympäröivällä alueella, siitä alaspäin (mm. Tapola juuri ennen Königstedtin kapeikkoa) ja siitä ylöspäin (mm. Pirttirannan lomakylän kohdalla).
- Pitkäjärven pohjoisosassa Vantaan kaupungin puolella vedenpinnan korkeus oli n. 0,7 metriä korkeammalla vuonna 1966 kuin vuonna 2004.

- Muilta alueilta Vantaanjoessa ei ole tietoja vedenpinnan korkeudesta vuonna 2004. Tämä asiantila koskee myös Vantaanjoen toista suurta tulva-allasta Seutulan Isoniitun alueella.
- Keravanjoen osalta tulvakartassa 1966 ilmoitetut vedenkorkeudet eivät ole sellaisinaan suoraan vertailukelpoisia uudempien mittaushavaintojen kanssa, koska Keravanjokea on perattu vuoden 1966 jälkeen.

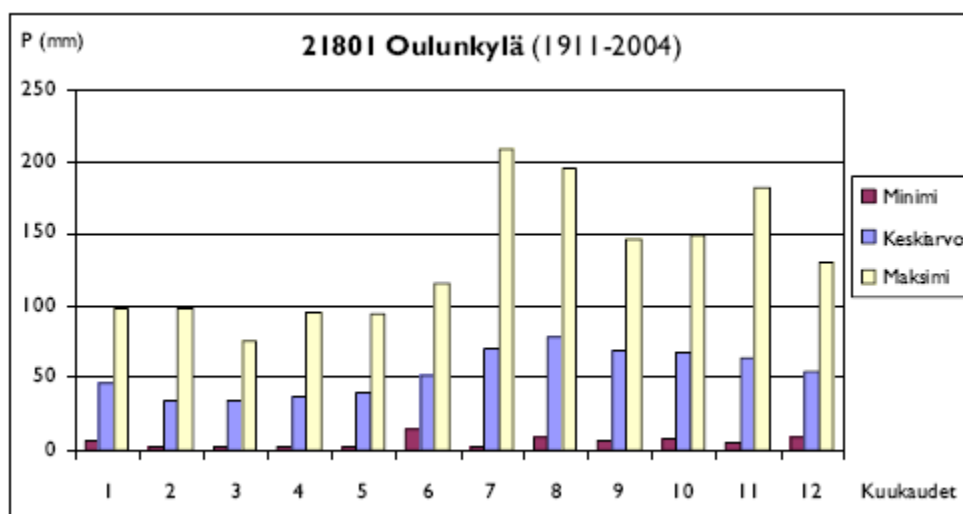
3 Sadanta, lumen vesiarvot ja pakkaskertymät, erityisesti vuosien 1966 ja 2004 tulvissa

3.1 Sadanta ja lumen vesiarvot

3.1.1 Sadannan ja lumen vesiarvon keski- ja ääriarvot Vantaanjoen alueella

Vantaanjoen vesistöalueelle määritetyt aluesadannan kuukausittaiset ääri- ja keskiarvot vuosina 1911 - 2004 on esitetty kuvassa 5. Aluesadanta on laskettu Ilmatieteen laitoksen sadehavaintojen pohjalta. Aluesadannan määrittäminen käytetään valuma-alueen purkupistettä. Näin ollen kuvassa 5 esitetyt ääri- ja keskiarvot Oulunkylän purkupisteessä osoittavat aluesadannan suuruuden ja vaihtelun koko Vantaanjoen valuma-alueella keskimäärin.

Kuvasta 1 nähdään, että vuosina 1911 - 2004 koko vesistöalueeseen suhteutettu sateen maksimimäärä kuukaudessa on ollut tammi- kesäkuussa 100 mm:n tuntumassa. Heinä- ja elokuussa aluesadannan maksimimäärä on ollut 200 mm:n tuntumassa. Syys-joulukuussa aluesadannan maksimimäärä on vaihdellut 150 mm:n molemmin puolin. Sateen ääriarvot ovat olleet yleensä runsaat kaksi kertaa suuremmat kuin kuukauden keskiarvot. Heinä-, elo- ja marraskuussa sademäärien vaihtelu on ollut suurempaa, ja ääriarvot ovat olleet 2,5 - 3 kertaa suuremmat kuin keskimääräiset arvot.

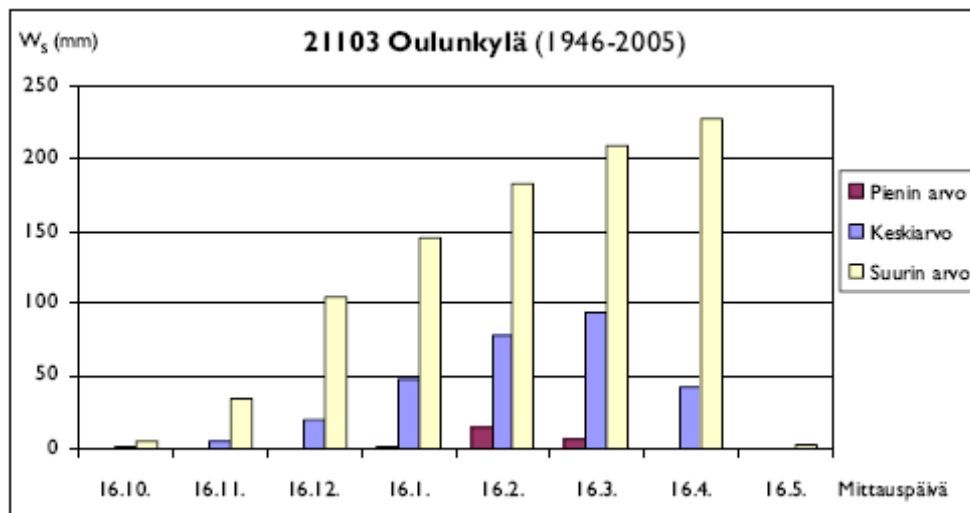


Kuva 5. Aluesadannan keski- ja ääriarvot koko Vantaanjoen vesistöalueella (Ilmatieteen laitos, cit. Suhonen 2006).

Vantaanjoen vesistöalueen sisällä aluesadannan ääri- ja keskiarvot kuukausittain vaihtelevat hieman, mutta erot eivät ole merkittäviä. Sisämaassa sataa yleensä

enemmän kuin rannikon läheisyydessä. Tämä johtuu lähinnä siitä, että rannikon ja sisämaan erilaiset maantieteelliset olosuhteet vaikuttavat sateen määrään. Sademäärien vaihtelu näkyy Ilmatieteen laitoksen säähavaintoasemien mittaustuloksissa. Vantaanjoen vesistöalueen havaintoasemat sijaitsevat Helsingissä (Helsinki-Vantaan lentoasema, Helsinki-Malmin lentoasema), Tuusulassa (Ruotsinkylä ja Hyrylä), Nurmijärvellä (Rajamäki) ja Hyvinkäällä (Mutila). Lisäksi käytetään alueen pohjoispuolella sijaitsevan Hausjärven (Lavinto) havaintoaseman tietoja kuvaamaan oloja Riihimäellä ja sen lähialueilla.

Lumen vesi-arvo vaikuttaa merkittävästi kevättulvan suuruuteen. Vesi-arvoa käytetään myös säännöstelyn ohjauksen apuvälineenä. Lumen aluevesiarvon vaihteluväli koko Vantaanjoen vesistöalueella vuosina 1946 - 2005 on esitetty kuvassa 6. Lumen aluevesiarvot perustuvat ympäristöhallinnon ylläpitämällä lumilinjoilla tehtäviin vesi-arvon määrittämiin ja Ilmatieteen laitoksen sadantahavaintoihin. Lumen aluevesiarvon määrittäminen käytetään valuma-alueen purkupistettä samalla tavoin kuin aluesadannan laskemisessa tehdään.



Kuva 6. Lumen aluevesiarvon keski- ja ääriarvot koko Vantaanjoen vesistöalueella (Ilmatieteen laitos, cit. Suhonen 2006).

Kuvasta 6 nähdään, että vuosina 1946 - 2005 koko vesistöalueella lumen vesi-arvon maksimimäärä kuukaudessa on ollut tammi-maaliskuussa runsaat kaksi kertaa suurempi kuin kuukauden keskiarvo. Sen sijaan huhtikuussa lumen vesi-arvon vaihtelu on ollut hyvin suuri. Huhtikuun suurin arvo on ollut peräti viisinkertainen keskimääräiseen arvoon verrattuna. Useimmiten kuitenkin lumen vesi-arvo on kääntynyt laskuun huhtikuussa, ja keskimäärin se on ollut silloin puolet pienempi kuin maaliskuussa.

3.1.2 Sadanta ja sulavan lumen vesi-arvot vuoden 1966 kevättulvassa

Kevään 1966 tulva syntyi runsaslumisesta talven ja myöhäisen kevään seurauksena. Valuma-alueella oli huhtikuussa ennätysellisen paljon lunta. Lumen aluevesiarvoksi Oulunkylän määrittämissä pisteissä mitattiin 240 mm 1.4.1966 ja 220 mm 16.4.1966, kun vastaavat pitkän ajan (1962 - 2005) keskiarvot ovat 76 mm ja 36 mm. Lumi oli siis myös sulanut tavallista hitaammin huhtikuun alkupuolella. Laajemmin Vantaanjoen vesistöalueella lumen aluevesiarvo vaihteli 218 - 223 mm välillä 16.4.1966 tehdyissä mittauksissa.

Vuorokauden keskilämpötila ylitti 0 °C -rajan 20.4.1966. Tästä vain puolentoista viikon kuluttua lämpötila oli jo +9 °C. Seuraavien vuorokausien (2.5. - 5.5.) aikana lämpötila Helsinki-Vantaan mittausasemalla oli +8 °C ja +5 °C välillä. Lämpötilan noustessa nopeasti verrattain korkealle tasolle lumi sulii kiivasta vauhtia ja virtaamat lähtivät nousuun.

Oulunkylän määrittämissä lumen aluevesiarvo oli 220 mm 16.4.1966, ja voidaan olettaa arvon pienentyneen vain hivenen 20.4. mennessä. Kuitenkin jo 1.5.1966 aluevesiarvo oli 102 mm Oulunkylässä¹, eli lukema oli pienentynyt lähes 120 mm edellisestä mittauskerrasta. Loppuosa lumipeitteestä sulii seuraavan viikon aikana.

Huhtikuun lopulla satoi jonkin verran, mikä myös nopeutti lumen sulamista ja kasvatti osaltaan virtaamia. Sateen määrä Helsinki-Vantaan mittausasemalla 20. - 25.4. välisenä aikana oli 34 mm.

Yllä sanottu tarkoittaa käytännössä, että lumen sulaminen synnytti lähes 220 mm paksuisen vesikerroksen koko Vantaanjoen vesistöalueella kutakuinkin tarkalleen 20.4. - 9.5.1966 välisenä aikana. Kun siihen lisätään sateet tänä aikana saadaan lopputulokseksi, että lumen sulamisesta ja sateesta kertynyt vesimäärä oli yhteensä yli 250 mm kahden ja puolen viikon aikana. Toisin ilmaistuna tämä oli noin 425 miljoonaa m³ sulamis- ja sadevettä valumassa Vantaanjoen vesistöalueella suhteellisen lyhyen ajan sisällä.

3.1.3 Sadanta vuoden 2004 kesätulvassa

Heinäkuun lopulla voimakas, etelästä saapunut matalapaine asettui eteläisen Suomen yläpuolelle, ja se pysyi pitkään lähes paikallaan maan eteläosan yllä. Pelkästään ajanjaksolla 27. - 31.7.2004 satoi havaintopaikasta riippuen 116 - 159 mm ja rankkasateen rajana pidetty 20 mm vuorokausisadanta ylittyi kaikilla mittauspaikoilla useampana päivänä. Sateet jatkuivat myös elokuun ensimmäisen ja toisen päivän ajan.

- Uudenmaan ympäristökeskuksen tiedotteen 19.8.2004 mukaan Vantaanjoen vesistöalueen tulva aiheutui erittäin poikkeuksellisista rankkasateista. Sademäärät olivat 27.7. - 2.8.2004 Uudellamaalla mittauspaikasta riippuen 120 - 170 millimetriä.
- Suomen Ympäristökeskuksen ylläpitämän Hydrologisen kuukausitiedotteen (heinäkuu 2004) mukaan heinäkuussa satoi runsaasti ja paikoin jopa ennätysellisesti. Sademäärät olivat suuria jo kuukauden alkupuoliskolla, mutta varsinaiset rankkasateet koettiin viimeisellä viikolla Uudeltamaalta Keski- ja Itä-Suomeen ulottuvalla vyöhykkeellä. Uudenmaan vesistöalueilla satoi heinäkuussa enemmän kuin kertaakaan vuonna 1911 alkaneen havaintojakson aikana. Vantaanjoen vesistön aluesadanta oli 211 mm eli keskimääräiseen verrattuna lähes kolminkertainen. Siitä ajanjaksolla 26. - 31.8.2004 Vantaanjoen aluesadanta (Oulunkylän mittausasemalla) oli 136 mm. (Suomen Ympäristökeskus 2004c)

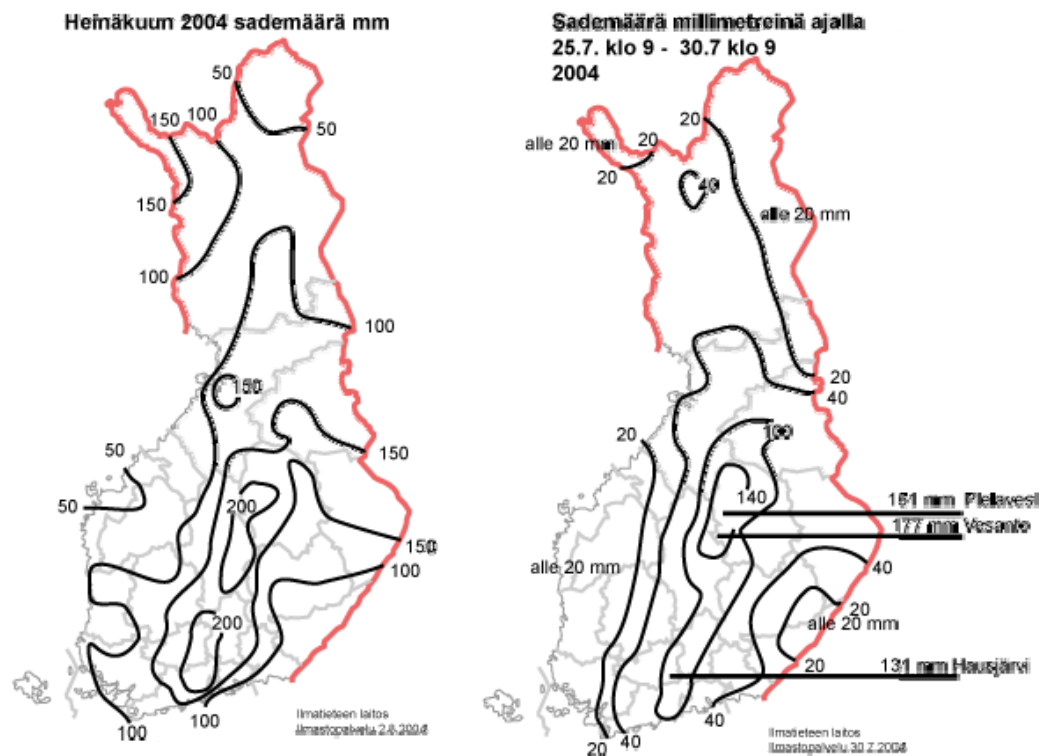
Heinäkuun lopun sademäärät olivat poikkeuksellisen suuria: Ilmatieteen laitoksen (Myllys 2004, cit. Suhonen 2006) mukaan neljän vuorokauden sadesumman 155 mm toistuvuus on keskimäärin kerran 50 vuodessa.

¹ Kytäjoen ja Tuusulanjoen määrittämissä ei ole havaintoja 1.5.1966.

Ilmatieteen laitoksen sadehavaintojen perusteella esim. Keravalla satoi 27.7. - 2.8.2004 välisenä aikana ainakin 140 - 170 mm. Sadetutkahavaintojen perusteella sateet olivat tätäkin suurempia, joten vuorokausisadanta saattoi olla enimmillään jopa 60 - 70 mm. Sateet olivat osin poikkeuksellisen rankkoja. Patoturvallisuuden mitoitussadantatietojen (Ilmatieteen laitos 2000) perusteella ajanjaksolla 27.-31.7.2004 havaitun 5 vuorokauden sademäärän paikallisen toistuma-ajan arvioitiin olevan keskimäärin kerran 60 - 200 vuodessa. (Uudenmaan ympäristökeskus 2004a)

Heinäkuussa satoi Vantaanjoen valuma-alueella mittauspaikasta riippuen 201 - 245 mm, josta suurin osa kertyi kuun lopulla alueen yli kulkeneesta suhteellisen kapeasta, mutta erittäin sateisesta pilvimassasta (vrt. kuva 7). Rankkasateet linjan Helsinki - Kajaani ympärillä jatkuivat peräkkäin kolmekin vuorokautta. Sadekeritymät olivat suuria, koska matalapaineen sateet kiersivät Suomen yllä matalapaineen keskuksen ympärillä. Esimerkiksi Helsinki-Vantaan lentoasemalla sademäärä oli lähes kolminkertainen vuosien 1971 - 2000 keskiarvoon verrattuna.

Heinäkuun lopulla Vantaanjoen valuma-alueella maaperä oli märkä poikkeuksellisen sateisen kuukauden seurauksena. Heinä-elokuun vaihteen rankkasateet aiheuttivat poikkeuksellisen suuret valumat Vantaanjoen valuma-alueen vesistöihin. Keravanjoessa tulvahuippu (30.7.2004) vastasi harvemmin kuin kerran 22 vuodessa toistuvaa tulvaa Hanalan mittauspaikan virtaus- ja vedenkorkeushavaintojen perusteella. Lisäksi tulvan ajankohta pahensi tilannetta, sillä kesällä uomissa kasvava tuuhea kasvillisuus heikentävät Keravanjoen ja sen sivuhaarojen vedenjohtokykyä. (Uudenmaan ympäristökeskus 2004a)



Kuva 7. Sademäärät eri puolilla Suomea heinäkuussa 2004 ja erikseen heinäkuun lopulla (Ilmatieteen laitos 2007a).

Vantaanjoen valuma-alueen sademääristä voi muodostaa käsityksen tarkastelemalla neljän mittausaseman päiväkohtaisia havaintoja, sekä suhteuttamalla mit-

tausasemien havainnot (eli niiden yli kulkeneet sadealueet) Vantaanjoen vesistön osavalue-alueiden sijaintiin. Mittausasemat ovat Helsinki-Vantaa (lentokenttä), Nurmijärven Rajamäki (Geofysikaalinen observatorio), Hyvinkään Mutila ja Hausjärven Lavinto. Riihimäellä ei ole Ilmatieteen laitoksen virallista mittauspaikkaa. Kuitenkin Lavinnon sadeasema kuvaa riittävällä tarkkuudella sateen määrää Riihimäen lähialueilla, vaikka asema ei sijaitsekaan Vantaanjoen vesistöalueella. Mittausasemien sademäärähavainnot olivat seuraavat:

- Helsinki-Vantaalla satoi 27.7. - 31.7.2004 välisenä aikana yhteensä 154 mm, josta 116 mm kolmen (27. - 29.7.) sateisimman vuorokauden aikana. Lisäksi 2.8.2004 satoi 3 mm.
- Nurmijärven Rajamäellä satoi 27.7. - 31.7.2004 välisenä aikana yhteensä 159 mm, josta puolet kahden (27. - 28.7.) sateisimman vuorokauden aikana. Lisäksi 1.-2.8.2004 satoi 9 mm.
- Hyvinkään Mutilalla satoi 27.7. - 31.7.2004 välisenä aikana myös yhteensä 159 mm, josta noin puolet kahden (27. - 28.7.) sateisimman vuorokauden aikana. Lisäksi 1. - 2.8.2004 satoi 9 - 10 mm.
- Hausjärven Lavinnolla satoi 27.7. - 31.7.2004 välisenä aikana yhteensä 152 mm, josta peräti 110 mm kahden (27. - 28.7.) sateisimman vuorokauden aikana. Lisäksi 1. - 2.8.2004 satoi 5 mm.

Yllä sanotun perusteella voidaan laskea, että sateista kertyi vettä keskimäärin noin 163 mm koko Vantaanjoen vesistöalueella 27.7. - 2.8.2004 välisenä aikana. Sadannan kokonaismäärä oli siten suunnilleen 275 miljoonaa m³ yhden viikon aikana.

Sääennusteiden perusteella ei ollut osattu kuitenkaan varautua usean vuorokauden pituisiin rankkasateisiin. Niiden seurauksena Vantaanjoella koettiin suuri kesätulva heinä-elokuun vaihteessa 2004. Tulvan syntymistä edesauttoi myös se, että juhannuksen jälkeen alkaneen ja heinäkuussa jatkuneen sateisen jakson seurauksena maaperä oli valmiiksi märkä.

3.2 Pakkaskertymien vaikutus kevättulvien muodostumiseen

Routaantuneen maan sulaminen keväällä tapahtuu ilman lämpötilan ja auringonsäteilyn yhteisvaikutuksesta. Sulamisen päättymisen riippuu edeltävänä talvena syntyneen roudan syvyydestä, joka taas on talvella kertyneen pakkasmäärän funktio. Keskimääräisenä talvena (pakkasmäärä F₂ 20 000 Kh) lumettomalla maalla routa sulaa nykyisin Etelä-Suomessa noin 25. toukokuuta, Keski-Suomessa (F₂ 30 000 Kh) noin 15. kesäkuuta ja Pohjois-Suomessa (F₂ 40 000 Kh) noin 10. heinäkuuta. (Saarelainen ja Makkonen 2007)

Nykyisin roudan syvyys lumettomassa maassa keskimääräisenä pakkastalvena Etelä-Suomessa on noin 1,5 metriä, Keski-Suomessa noin 1,7 metriä ja Pohjois-Suomessa noin 2 metriä.

Ilmastonmuutoksen vaikutuksesta roudan syvyys pienenee ja roudaton kausi pitennee. Ilmaston lämmitessä keskimäärin 2 °C pakkasmäärän arvioidaan pienenevän noin 10 000 Kh. Tarkasteltaessa keskimääräistä talvea tämä muutos tapahtuu noin vuoteen 2050 mennessä. Kun ilman keskilämpötila nousee 4 °C pakkasmäärä pie-

nenee noin 20 000 Kh. Keskimääräisen talven osalta tämä muutos toteutuu suunnilleen vuoteen 2080 mennessä. (Saarelainen ja Makkonen 2007)

Vuoden 2080 paikkeilla keskimääräinen pakkasmäärä Etelä-Suomessa on noin 5 000 Kh (nykyisin noin 20 000 Kh), Keski-Suomessa suunnilleen 10 000 Kh (nykyisin noin 25 000 Kh) ja Pohjois-Suomessa noin 15 000 Kh (nykyisin noin 32 000 Kh). (Saarelainen 2006c)

Muutokset merkitsevät sitä, että vuoteen 2080 mennessä roudan syvyys pienenee Etelä-Suomessa arvosta 1,5 metriä arvoon 0,7 metriä, Keski-Suomessa arvosta 1,7 metriä arvoon 1,1 metriä ja Pohjois-Suomessa arvosta noin 2 metriä arvoon 1,4 metriä. Routa tulee sulamaan jatkossa nykyistä aikaisemmin. Vuoden 2050 paikkeilla roudan sulaminen päättyy noin kolme viikkoa nykyistä aiemmin, ja vuoden 2080 paikkeilla routa sulaa noin 6 - 7 viikkoa aiemmin kuin nyt. (Saarelainen ja Makkonen 2007)

Routa vaikuttaa keväällä syntyvien sulamisvesien ja sadevesien kulkeutumiseen maastossa (routivan pohjamaan alueilla). Yllä kuvatut pakkasmäärien muutokset tarkoittavat sitä, että maa routaantuu koko Suomessa kuluvaan vuosisadan lopullakin tavanomaisina talvina. Routa vaikuttaa kuitenkin eri tavalla mm. kevättulvien kehittymiseen, koska roudan vaikutusaika lyhenee paljon. Etelä-Suomessa roudan sulamiskauden pituus lyhenee muutamaan päivään (nyt noin 2 viikkoa), Keski-Suomessa 2 viikkoon (nyt noin 1,5 kuukautta) ja Pohjois-Suomessa yhteen kuukauteen (nyt noin 2 kuukautta). Tulvien kannalta roudan vaikutusajan lyheneminen merkinnee pääsääntöisesti tulvien heikentymistä, koska maaperä pystyy imeämään sulamisvesiä nykyistä aikaisemmassa vaiheessa.

Jääpato voi synnyttää erityistilanteen, jossa vesi voi nousta nopeasti korkeallekin jääpadon yläpuolella. Vahinkojen syntyminen riippuu paljolti siitä, kuinka nopeasti jääpato saadaan räjäytettyä.

Vuoden 1966 tulvan vedenkorkeuksia tarkasteltaessa on syytä ottaa huomioon, että kyseessä oli kevättulva. Sitä edelsi kova pakkastalvi, joten jääpeite oli paksu. Ilmeisesti jäästä tavalla tai toisella johtuneet patoutumat nostivat osaltaan vedenkorkeutta monin paikoin paljonkin yli sen korkeuden, mihin vesimäärä yksistään olisi riittänyt. Ilmeisesti Vantaanjoessa oli jääpatoja mm. Tapolan vanhan riippusillan kohdalla vuonna 1966, ja niitä jouduttiin räjäyttämään auki. Jääpatoja syntyi usein myös tämän jälkeisinä keväinä samoihin kohtiin, ja myös niitä jouduttiin räjäyttämään auki.

Jäät vaikuttavat usein kevättulvien kehittymiseen ja etenkin tulvaveden korkeuteen. Kevättulvissa jääpadot ja jäät muutoinkin sekä mahdolliset suppajäästä johtuvat patoutumat nostavat osaltaan vedenkorkeutta monin paikoin, usein paljonkin yli sen korkeuden mihin pelkkä vesimäärä riittäisi.

Vantaanjoessa ei ole enää pitkään aikaan ollut pahoja jääpatoja. Tämä voi olla vain sattuman tulosta, mutta se voi myös johtua käynnissä olevasta ilmastomuutoksesta. Ilmastomuutos tuottaa vähitellen (keskimäärin) paljon lämpimämpiä talvia Suomessa. Tämän voi ajatella merkitsevän mm. sitä, että kasvava osa lumesta sulaa jo talven aikana, ja että jääpeite jää vähitellen (keskimäärin) yhä ohuemmaksi. Tällöin myös pahojen kevättulvien esiintymisen todennäköisyys ilmeisesti pienenee.

3.3 Veden kierto ja kohdentuminen vuosien 1966 ja 2004 tulvissa

Luvussa esitetään vuosien 1966 ja 2004 tulviin liittyen, kuinka suuri osa sade- ja sulamisvesistä valui jokiin ja mihin muu sade- ja sulamisvesi päätyi Vantaanjoen valuma-alueella. Vuosien 1966 ja 2004 tulviin liittyvät havainnot ja niiden perusteella lasketut sade- ja sulamisvesien määrät on esitetty luvuissa 3.1.2 ja 3.1.3. Laskennassa käytettiin apuna työssä kehitettyä mallia veden kierrosta Vantaanjoen valuma-alueella määrättyissä paikallisissa ja ilmastollisissa olosuhteissa. Kyseinen laskentamalli on kuvattu luvussa 4.

Sade- ja sulamisvesien imeytyminen maahan

Karkealla tasolla voidaan arvioida, että kevättulvaan 1966 liittyvistä sulamis- ja sadevesistä noin 14 miljoonaa m³ eli 3 % imeytyi maaperään koko Vantaanjoen valuma-alueella (alueesta riippuen 1,5 - 6 %). Kesätulvaan 2004 liittyvistä sadevesistä arviolta 69 miljoonaa m³ eli 25 % imeytyi maaperään koko Vantaanjoen valuma-alueella (alueesta riippuen 20 - 33 %).

Maaperätyyppien erilainen kyky imeä vettä otettiin huomioon seuraavalla tavalla. Ensin määriteltiin harjutyypisten alueiden ja muiden alueiden osuudet kunkin osavaluma-alueen kokonaispinta-alasta. Pinta-aliatiedot yhdistettiin näiden maaperätyyppien arvioidut keskimääräiset vedenläpäisevyyskertoimet (kesällä ja keväällä roudan alkaessa sulaa). Näin kullekin osavaluma-alueelle saatiin lasketua oma keskimääräinen vedenläpäisykerroin. Keskimääräinen vedenläpäisykerroin on huomattavasti suurempi niillä osavaluma-alueilla, joilla harjuaineksen osuus alueen koko maaperästä on suuri.

Kevättulvan 1966 syntyaikana maaperä oli roudassa, ja maan imukyky oli siten aluksi olematon. Lämpötilan noustessa nopeasti varsin korkeaksi maaperän ylin kerros alkoi pehmetä, jolloin vesi kykeni vähitellen tunkeutumaan maaperän huokosiin. Nopeimmin tämä ilmiö näkyi harjualueilla.

Kesätulvaa 2004 edelsi yli kuukauden mittainen, juhannuksena alkanut sateinen jakso. Näin ollen maaperä oli jo valmiiksi märkä koko Vantaanjoen alueella, kun tulvan varsinaisesti synnyttäneet sateet alkoivat heinäkuun lopulla. Märkä maaperä imee vettä hyvin. Kuitenkin pitkän sadejakson aikana maaperä yleensä vähitellen kyllästyy ja lakkaa imemästä lisää vettä (pl. harjutyypiset alueet).

Sade- ja sulamisvesien haihtuminen

Karkealla tasolla voidaan arvioida, että kevättulvaan 1966 liittyvistä sulamis- ja sadevesistä noin 76 miljoonaa m³ eli 18 % haihtui ilmaan tarkastelujaksolla (20.4. - 16.5.1966) Vantaanjoen valuma-alueella. Kesätulvaan 2004 liittyvistä sadevesistä arviolta 75 miljoonaa m³ eli 27 % haihtui ilmaan tarkastelujaksolla (27.7. - 9.8.2004).

Haihdunnan kokonaismäärän laskemisessa luontevin aloituspäivä on sateen alkamispäivä. Sitä voitiin käyttää myös tässä työssä. Vuonna 1966 oli pari sadepäivää juuri samaan aikaan kun keskilämpötila kääntyi plussan puolelle. Vuonna 2004 kyse oli nimenomaan sadejakson synnyttämästä tulvasta. Lopetuspäivinä käytettiin virtaamien laskennassa määritettyjä lopetuspäiviä.

Sade- ja sulamisvesien varastoituminen ja varastointi järviin

Vantaanjoen suurimpia järviä säännöstellään. Tietoja järvien suurimmista säännöstelytilavuuksista sekä kesätulvalla 2004 toteutuneesta tulvaveden varastoinnista on esitetty taulukossa 2. Niiden perusteella voidaan laskea, että kesätulvaan 2004 liittyvistä sadevesistä noin 19 miljoonaa m³ eli 7 % varastoutui järviin (ja laskettiin myöhemmin jokiin). Kevättulvan 1966 liittyvistä sulamis- ja sadevesistä varastoutui järviin arviolta 38 miljoonaa m³ eli 9 %. Kevääseen 1966 liittyen tässä on oletettu, että järvien korkeudet nousivat lähelle hätätilanteen yläkorkeutta (vrt. hätä-HW taulukossa 1).

Vantaanjoen latvajärvien säännöstelyllä on paikallisesti merkittävä vaikutus eri tulvatilanteissa. Suurella tulvalla järviin varastoituva vesimäärä on kuitenkin suhteellisen pieni Vantaanjoen alaosan tulvavirtaamiin verrattuna.

Suurimpien säännösteltyjen järvien tilavuudet sekä kesätulvalla 2004 toteutunut tulvaveden varastoituminen järviin on esitetty taulukossa 2. Kesätulvan 2004 aikana näihin säännösteltyihin järviin varastoitiin yhteensä noin 10,5 milj. m³ vettä, jolla pystyttiin leikkaamaan Vantaanjoen kokonaisvirtaamaa keskimäärin noin 24 m³/s. (Suhonen ja Rantakokko 2006)

Taulukko 2. Vantaanjoen vesistöalueen suurimpien säännösteltyjen järvien säännöstelytilavuuksia sekä kesätulvalla 2004 toteutunut tulvaveden varastointi ja tulva-ajan maksimijuoksaus. (Suhonen ja Rantakokko 2006)

Järvi	Suurin säännöstelytilavuus ¹⁾	Lisätilavuus ²⁾	Kesätulvalla 27.7. - 1.8.04 varastoitu vesimäärä	Kesätulvalla 27.7. - 1.8.04 maksimijuoksaus
Hirvijärvi	3,8 Mm ³	2,6 Mm ³	1,5 Mm ³	0,7 m ³ /s
Ylä-Suolijärvi	5,0 Mm ³	0,8 Mm ³	0,8 Mm ³	2,7 m ³ /s
Kytäjärvi	4,6 Mm ³	1,4 Mm ³	3,5 Mm ³	11,3 m ³ /s
Tuusulanjärvi	4,8 Mm ³	4,3 Mm ³	3,9 Mm ³	7,2 m ³ /s
Valkjärvi ³⁾	1,1 Mm ³	1,1 Mm ³	0,8 Mm ³	
Yhteensä	18,2 Mm ³	9,1 Mm ³	10,5 Mm ³	

¹⁾ Säännöstelyn lupaehtojen sallimien ylä- ja alarajojen välinen tilavuus.

²⁾ Säännöstelyn ylärajan ja hätä-HW:n välinen tilavuus.

³⁾ Korkeuden NN+33,50 m yläpuolella.

Jokiin päätyvän sade- ja sulamisveden määrä

Kevättulvaan 1966 liittyvistä sulamis- ja sadevesistä Vantaanjoen valuma-alueella yhteensä noin 291 miljoonaa m³ (68 %) valui Vantaanjoen alajuoksun (Oulunkylän mittausasema) läpi mereen 26.4. - 16.5.1966 välisenä aikana (yht. 21 vrk). Myllykosken mittausasemalla vastaava luku oli 215 miljoonaa m³ (69 %) saman ajanjakson aikana.

Kesätulvaan 2004 liittyvistä sadevesistä arviolta 112 miljoonaa m³ (41 %) valui Vantaanjoessa Oulunkylän mittausasema läpi 28.7. - 9.8.2004 välisenä aikana (yht. 13 vrk). Myllykosken mittausasemalla vastaava luku oli 79 miljoonaa m³ (39 %) saman ajanjakson kuluessa. Keravanjoessa, Hanalan mittausasemalla luku oli 25 miljoonaa m³ (43 %) saman ajanjaksolla.

Varsinainen tulvavirtaama, eli tulvarajan 131 m³/s ylittänyt virtaama, oli Oulunkylässä 221 miljoonaa m³ kevättulvassa 29.4. - 10.5.1966 välisenä aikana (yht. 12 vrk). Kesätulvassa tulvavirtaama Oulunkylässä oli 69 miljoonaa m³ 30.7. - 3.8.2004 välisenä aikana (yht. 5 vrk). Myllymäellä tulvavirtaama (tulvarajan 110 m³/s ylittänyt virtaama) kevättulvassa 1966 oli 145 miljoonaa m³ (yht. 10 vrk). Kesätulvassa 2004 tulvavirtaama oli vain 20 miljoonaa m³ (yht. 2 vrk). Hanalassa tulvavirtaama (tulvarajan 20 m³/s ylittänyt virtaama) kesätulvassa 2004 oli 20 miljoonaa m³ (yht. 6 vrk).

Luvut laskettiin Oulunkylän, Myllykosken ja Hanalan mittausasemien virtaamatietojen perusteella (vuorokausivirtaamat). Oulunkylän asema sijaitsee Vantaanjoen alajuoksulla kaikkien sivujokien yhtymäkohtien alapuolella. Siten sen virtaamatiiedot kuvaavat hyvin koko Vantaanjoen vesistöalueella jokiin valuneen sade- ja sulamisveden määrää eri ajankohtina. Myllykosken asema sijaitsee hie-man ylempänä Vantaanjoella Vantaankosken kohdalla. Keravanjoen yhtymäkohta Vantaanjokeen jää sen alapuolelle. Hanalan mittausaseman sijaitsee Keravanjoen alajuoksulla.

Virtaaman laskeminen aloitettiin siitä päivästä, jolloin sateiden ja lumen sulamisen alkamisen jälkeen mitattu virtaama kasvoi yli kaksinkertaisiksi edeltävään aikaan verrattuna. Virtaaman laskemisen lopetuspäiväksi kiinnitettiin ajankohta, jolloin virtaama oli pienentynyt mutta oli vielä runsaasti yli normaaliarvon (kevällä alle kaksinkertainen tulvaa edeltävään aikaan verrattuna ja kesällä alle kaksi kertaa joen keskivirtaama).

Vantaanjoen virtaama pieneni elokuun aikana kymmenesosaan alkupäivien tulvahuipusta. Koko kuukauden keskivirtaama oli tavanomaiseen verrattuna lähes kuu-sinkertainen. (Suomen Ympäristökeskus 2004c)

Hulevedet

Karkealla tasolla voidaan arvioida, että Vantaanjoen valuma-alueella vuosien 1966 ja 2004 tulviin liittyvistä sulamis- ja sadevesistä noin 1 % päätyi viemäri-verkostoa pitkin jätevedenpuhdistamoihin. Tällaisten hulevesien osuus tulviin liittyvistä sulamis- ja sadevesistä vaihtelee huomattavasti tarkastelun alueen eri osien välillä. Vantaanjoen vesistöalueella on käytössä sekaviemärijärjestelmiä vielä monin paikoin. Tarkemman tiedon lähteitä viemäriin valuvan sadeveden määrästä Vantaanjoen vesistöalueella ovat:

- Viikinmäen jätevedenpuhdistamon valvomo seuraa keskeisten viemäritunneleiden vedenpinnan korkeuksia (Helsingissä).
- Viemäritunnelikohtaiset tulvakorkeudet on määritelty, ainakin Helsingissä.
- Helsingin Veden verkkopäivystys seuraa rankkasadetilanteen vaikutusta viemäri-verkoston.

Aikatekijät sadannan (sulamisen), virtaaman kasvun ja tulvan korkeuden välillä

Kevättulvassa 1966 Vantaanjoen virtaama sekä Oulunkylän että Myllykosken korkeudella kasvoi selvästi 26. huhtikuuta. Varsinainen tulva alkoi 29.4. tulvarajan ylittyessä molemmilla mittausasemilla. Sade- ja sulamisvesien kertymisen alkamisesta meni siis 5 - 6 vuorokautta siihen, että joen virtaama kasvoi selvästi. Tulvarajan ylittymiseen meni 8 - 9 vuorokautta.

Kesätulvassa 2004 Vantaanjoen virtaamat Oulunkylän, Myllykosken ja Hanalan korkeuksilla kasvoivat selvästi 28. heinäkuuta. Varsinainen tulva alkoi Oulunkylässä 30.7., Myllykoskella 1.8. ja Hanalassa 29.7. tulvarajojen ylittyessä. Sateen alkamisesta meni noin vuorokausi siihen, että joen virtaama kasvoi selvästi. Tulvarajan ylittymiseen meni Oulunkylässä noin 3 vuorokautta, mutta Myllykoskella noin 5 vrk. Hanalassa tulvarajan ylittymiseen meni vain 2 vuorokautta.

Aikaa, joka menee sade- ja sulamisveden tulon alkamisesta virtaaman kasvuun yli tulvarajan, voidaan kutsua viiveeksi. Oulunkylässä viive kevättulvassa 1966 oli noin kolme kertaa pitempi kuin kesätulvassa 2004, jolloin sateen alkamisesta virtaaman kasvuun yli tulvarajan meni vain 3 vuorokautta. Kuitenkin Myllykoskella viive vuonna 1966 oli vain vajaat kaksi kertaa pidempi kuin vuonna 2004.

Kesätulvassa 1966 lumen sulaminen ja sadanta sinä aikana Vantaanjoen vesistöalueella kesti yhteensä noin 20 vuorokautta, mutta valtaosa siitä tapahtui noin 20.4. - 7.5.1966 välisenä aikana (noin kaksi ja puoli viikkoa. Yllä sanottu tarkoittaa käytännössä, että lumen sulaminen synnytti noin 220 mm paksuisen vesikerroksen koko Vantaanjoen vesistöalueella kutakuinkin tarkalleen 20.4. - 9.5.1966 välisenä aikana. Kun siihen lisätään sade tänä aikana saadaan tulokseksi, että lumen sulamisesta ja sateesta kertyi noin 250 mm vesimäärä kahden ja puolen viikon aikana.

Kesätulvassa 2004 valtaosa kokonaissadannasta Vantaanjoen vesistöalueella kertyi viidessä vuorokaudessa 27. - 31.7.2004 välisenä aikana. Ajalla 1. - 2.8.2004 satoi hieman lisää. Sadejakso oli siis melko pitkä, ja siksi tulvavesi ei noussut kovinkaan korkealle.

4 Veden kierron arviointimalli Vantaanjoen valuma-alueella

4.1 Arviointimallin yleiskuvaus ja käyttömahdollisuuksia

Arviointimallin muodostamisen lähtökohtana oli pohdinta siitä, mihin sade- ja sulamisvedet lopulta päätyvät ja erityisesti kysymys siitä, kuinka suuri osa niistä päätyy jokiin. Asian selvittämiseksi työssä muodostettiin kokonaiskäsitys pääasiassa makrotason hydrologiatekijöistä ja niiden ilmenemis- ja vaikutustavoista paikallisilla (maantieteellisillä) alueilla. Mallin rakentamisessa tukeuduttiin tietoihin Vantaanjoen valuma-alueen olosuhteista ja siellä tehtyihin havaintoihin vuosien 1966 ja 2004 tulva-aikoina.

Hankittujen tietojen pohjalta muodostettiin pienimuotoinen arviointimalli hydrologisten tekijöiden (muuttujien) määrittämiseksi nimetyllä valuma-alueella. Malli kuvaa sade- ja sulamisvesien kiertoa valuma-alueella ilmasta maahan, maaperään, takaisin ilmaan, jokiin ym. paikkoihin. Mallilla voidaan tarkastella veden kiertoa ja kohdistumista eri paikkoihin valuma-alueella sekä kokonaismäärinä että vuorokausitason muutoksina valitun tapahtumajakson aikana.

Makrotason hydrologia- ja ilmastoilmiöihin sekä maantieteellisiin tekijöihin pohjautuva veden kierron arviointimalli auttaa ymmärtämään paremmin sade- ja sulamisvesimäärien sekä jokiin päätyvien vesimäärien välistä suhdetta. Sen avulla saa käsitystä siitä, kuinka suuri osa kulloisistakin sade- ja sulamisvesistä päätyy jokiuomiin ja miten suuresti se vaikuttaa jokien virtaamiin ja vedenkorkeuteen.

Mallin toimivuutta kokeiltiin Oulunkylän, Myllykosken ja Hanalan (vain vuoden 2004 tulvatilanteessa) mittausasemien tiedoilla, ja tulokset olivat vertailukelpoisia havaittujen kanssa. Mallin taustamuuttujien tietosisältö vastaa pääasiassa Etelä-Suomen olosuhteita, ja siksi mallia voidaan käyttää nyt vain luonnonoloiltaan vastaavanlaisilla kohdealueilla. Kuitenkin mallin tietosisältöä voidaan yleistää tarvittaessa vastaamaan myös muun tyyppisiä olosuhteita.

Tavoitteena oli kehittää yleispätevä, yksinkertainen ja helposti saatavissa olevilla lähtötiedoilla toimiva laskentamalli. Voidaan arvioida, että mallia voidaan käyttää aluekohtaisilla tiedoilla täydennettynä luonnollisen valuma-alueen hydrologisten tekijöiden mitoittamiseen sekä valuma-alueelle tulevien vesimäärien liikkeiden ja vaikutusten arviointiin. Valuma-alueiden GIS -muotoisten topografiatietojen kytkeminen malliin parantaisi merkittävästi erityisesti pintavesien liikkeiden hallintaa mm. tulvatilanteissa.

Ilmastonmuutoksen vaikutuksesta vallitsevat luonnonolot mm. Suomessa muuttuvat suhteellisen paljon ja verrattain nopeasti. Samalla luonnon ääriolojen, kuten myrskyjen ja kaatosateiden, oletetaan voimistuvan hyvinkin paljon. Tarvitaan perusteltuja arvioita siitä, minkälaisia ovat mm. veden kierron ja valuman mittasuhteet ja muutokset uudenaikaisissa äärioloissa.

Malli soveltuu hyvin tulevaisuuden ennakkointiin eli yllä kuvatus kaltaisten tilanteiden kuvitteelliseen muodostamiseen ja vesimassojen liikkeiden laskemiseen. Ennakointilaskelmia varten tarvitaan kuvaus ääriolosuhteesta (esim. erittäin voimakkaat sateet) ja sen perusteella määritellyt laskennan oletusarvot mm. sadannan määrästä ja ilmasto-oloista tapahtumajaksolla. Mallilla lasketaan mm. jokien käyttäytymiseen vaikuttavien muuttujien arvoja syntyvässä tulvatilanteessa. Tausta- ja vertailuaineistona tarvitaan tiedot kyseessä olevasta valuma-alueesta (topografia, maaperä, vesistöt, jne.) sekä käsitys veden kierrosta valuma-alueella aiemmissa äärioloissa.

4.2 Laskentamallin toiminta ja sisältö

Mallilla voidaan laskea, miten alueelle satava vesi jakautuu luonnon kiertokulussa eri paikkoihin erilaisten maantieteellisten ja ilmastollisten olosuhteiden vallitessa. Mallin käyttö tapahtuu seuraavalla tavalla:

- Ensimmäiseksi määritetään tarkasteltava valuma-alue ja hankitaan siitä tarvittavat tiedot.
- Seuraavaksi määritetään sade- tai sulamisvesien määrät ja tarkastelujakson pituus (sadepäivät ja sateen jälkeinen virtaama-aika).
- Sitten lasketaan veden kierto ja jakautuminen eri paikkoihin (kokonaismäärät) tarkastelujaksolla.
- Tämän jälkeen veden kokonaismäärät eri kohteissa osoitetaan vuorokausimääräksi.
- Lopuksi arvioidaan veden kierrosta ja jakautumisesta saatujen vuorokausitietojen merkitystä ja vaikutuksia kohdealueella.

Laskentamalli käsittelee sade- ja sulamisvesien kiertokulkuun liittyviä hydrologisia tekijöitä sekä niihin vaikuttavia säätila- ja olosuhdetekijöitä. Mallissa on joukko päämuuttujia ja joukko taustamuuttujia, ja ne on esitetty alla olevassa listassa. Päämuuttujat kuvaavat lähinnä veden kiertoon liittyviä hydrologisia tekijöitä ja tietoja kohdealueella tarkastelujakson aikana. Taustamuuttujat kuvaavat

pääasiassa veden kiertoon vaikuttavia säätila- ja olosuhdetekijöitä kohdealueella tarkastelujakson aikana.

Laskentamalli sisältää seuraavat päämuuttujat:

- Sadanta ja sulamisvedet (lumen vesiarvot) koko alueella tarkastelujaksolla.
- Sade- ja sulamisvesien imeytyminen maahan tarkastelujaksolla.
- Veden haihtuminen ilmaan (haihdunta) tarkastelujaksolla.
- Veden varastoituminen ja varastointi järviin tarkastelujaksolla.
- Jokiin maavesivarastosta, pintakerrosvarastosta (välivarasto) ja maan pinnalta päätyvän veden kokonaismäärä tarkastelujaksolla.
- Jokiverkostossa olevan veden määrä eri vuorokausina.
- Jokien virtaamat ja vedenpinnan korkeudet eri ajankohtina.
- Sekaviemäriverkostoon päätyvän huleveden määrä tarkastelujaksolla.
- Sateiden, sulamisen, haihdunnan ja virtaamien ajoittuminen ja kesto (aikateki-jät).

Laskentamalli sisältää seuraavat taustamuuttujat:

- Vuorokausien keskilämpötilat tarkastelujaksolla (vaikuttaa haihduntaan, sula-miseen ja veden imeytymiseen maaperään).
- Ilman kosteus tarkastelujaksolla, jonka epäsuorina indikaattoreina voidaan käyttää aurinkoisten, osin sateisten ja hyvin sateisten vuorokausien määriä (vaikuttaa haihduntaan).
- Valuma-alueen koko, muoto ja topografia.
- Valuma-alueen vesistötiedot (järvisyys, jokien muodot ja sivujokien liittymät pääuomaan).
- Järvien ja muiden altaiden pinta-alat ja/tai tilavuudet sekä vedenkorkeusrajat (vaikuttaa mm. veden varastoitumiseen).
- Eri maaperätyyppien veden läpäisevyys.
- Maaperätyypit (päämaalajit) kohdealueen eri osissa vaikuttavat veden imeyty-miseen maaperään.
- Jokien virtaamien ja vedenkorkeuksien tilastolliset toistuvuudet kohdealueella.
- Jääpatojen tai suppapatojen muodostuminen jokiin tulva-aikoina kohdealueella.

Laskelmissa päämuuttujien arvoista osa voi olla mittauksiin (havaintoihin) tai oletuksiin perustuvia, ja osa on mallin tuottamia laskennallisia tuloksia. Oletukset voivat esim. kuvata tiettyjen muuttujien arvoja kuvitteellisessa tulevaisuuden tilanteessa. Taustamuuttujien arvot perustuvat mittauksiin, havaintoihin tai olo-suhdetietoihin kohdealueella tarkastelujakson aikana.

4.3 Mallin muuttujiin liittyviä tietoja ja näkökohtia

4.3.1 Sade- ja sulamisvesien imeytyminen maahan

Mitoitettaessa sulamis- ja sadevesien imeytymistä maaperään (väli/pintakerrokseen ja pohjaveteen) työssä on lähdetty liikkeelle arviosta (Saarelainen 2007), jonka mukaan Suomessa keskimäärin 20 - 25 % sadevedestä imeytyy maaperään (kun routa on kokonaan sulanut), kun tarkastelun kohteena on suuri alue (alueella suunnilleen Suomessa tyypillinen maaperätyyppijakauma).

Käytännössä maaperän vedenläpäisykyky riippuu monista tekijöistä, joista yleensä merkittävin on vallitseva maalaji. Eri maaperätyyppien vedenläpäisykyky

vaihtelee paljon. Toisessa ääripäässä ovat harjutyypiset alueet, joilla maaperän (lajittunut hiekka- ja soramaa) kyky imeä vettä on oleellisesti suurempi kuin muista maalajeista koostuvilla alueilla. Harjutyypisillä alueilla vesi pystyy tunkeutumaan maaperään huomattavasti nopeammin ja myös aikaisemmin keväällä kuin muilla alueilla. Maaperän vedenläpäisykyky on heikoin alueilla, joilla yhtenäiset savikerrokset ovat vallitseva maalajityyppi.

Eri maaperätyyppien vedenläpäisykyvyn eroilla on huomattavan suuri merkitys mitoitettaessa veden kiertoa valuma-alueella. Esimerkiksi Vantaanjoen valuma-alueen pohjois- ja keskiosissa on hyvin laajoja harjutyypisiä alueita. Laskentamalliin onkin rakennettu mahdollisuus varioida maaperän arvioitua (oletettua) kykyä imeä vettä tarkastelualueen eri osissa. Lisäksi tähän mennessä on muodostettu alustavat maaperän keskimääräiset vedenläpäisevyyskertoimet harjutyypisillä alueilla ja muilla maaperäalueilla (sekä kesällä että keväällä roudan alkaessa sulaa).

Maaperän vedenläpäisevyyteen vaikuttaa myös se, onko maaperä kuiva, kostea vai märkä. Veden on vaikea "tunkeutua" hyvin kuivaan maaperään. Kesällä maaperän yläkerros voi olla hyvinkin kuiva pitkän sateettoman kauden jälkeen. Tällöin kestää jonkin aikaa, ennen kuin maaperän "imukyky" palautuu ja vedenläpäisevyys normalisoituu.

SYKEN ylläpitämän ympäristön tilan seurannan tietojen perusteella Vantaanjoen vesistöalueen pohjoisosan pohjavesimuodostumisessa pohjaveden pinnankorkeuden poikkeama ajankohdan keskiarvosta oli 54 cm heinäkuun puolivälissä ja 66 cm elokuun puolivälissä. Heinäkuun lopun sateet nostivat pienten pohjavesimuodostumien pintaa. (Suomen Ympäristökeskus 2004a ja 2004b)

Maan ns. maavesivarasto on yleensä 0,5 - 1,5 metriä syvällä oleva kerros. Sade- ja sulamisvedet täyttävät sitä ja haihdunta tyhjentää sitä. Osa maavesivarastoon tulevasta vedestä varastoituu, osa haihtuu ja osa muodostaa valuntaa pintakerrosvaraston (välivaraston) ja pohjavesivaraston kautta. Maavesivarastosta vesi kulkeutuu yhtäältä pintakerrosvarastoon (välivarastoon), josta purkautuva valunta voi mm. muodostaa tulvahuipun. Toisaalta vesi voi kulkeutua pohjavesivarastoon, josta vesi purkautuu pitkän ajan kuluessa. Kesällä maavesivaraston vesimäärä vaihtelee 50 - 100 mm ja sen tila ratkaisee valunnan muodostumisen. Keväällä ja myöhään syksyllä maavesivarasto on yleensä täynnä. Se voi täytyä muulloinkin pitkän sadejakson tuloksena. (Vehviläinen 2004)

Pitkän sadejakson aikana useat maaperätyypit voivat kyllästyä vedestä. Riittävän määrässä maaperässä vesi ei enää mahdu valumaan huokosissa alaspäin, ja maaperän vedenläpäisevyys hiipuu väliaikaisesti. Väljästi tulkiten pohjavesivaraston taso on tällöin noussut tilapäisesti maanpinnan tasolle saakka.

4.3.2 Sade- ja sulamisvesien haihtuminen

Haihtumista kuvaava meteorologinen suure on haihdunta (esim. mm/vrk). Haihdunnan laskemiseksi tietyltä ajanjaksolta tarvitaan tiedot mm. auringon säteilystä, ilman lämpötilasta ja kosteudesta sekä tuulen nopeudesta. Haihdunta pienenee pohjoista kohti mentäessä. Ilmatieteen laitos tuottaa laskentamalleilla arviot mm. kokonaishaihdunnan suuruudesta eri puolilla maata. Laitoksella on kehitetty myös

erilaisilta pinnoilta (vesi-, paljas maa, turve, kasvusto) tapahtuvaa haihduntaa kuvaavia malleja.

Ilmatieteen laitoksen verkkosivuilla on pitkän ajan (1971 - 2000) keskiarvotiedot kokonaishaihdunnasta Jokioisilla ja sen kertymästä vuoden aikana. Jokioisten korkeudella kokonaishaihdunta on noin 365 mm vuodessa. Haihtuminen alkaa noin 5. toukokuuta, ja valtaosa haihdunnasta kertyy syyskuun puoliväliin mennessä. Jokioisilla haihdunta on toukokuussa keskimäärin 2,3 mm/vrk, kesäkuussa noin 2,8 mm/vrk, heinäkuussa noin 3,8 mm/vrk, elokuussa noin 2,4 mm/vrk ja syyskuussa noin 0,9 mm/vrk (Ilmatieteen laitos, www-sivut). Eteläisessä Suomessa haihdunta on suurin piirtein näiden lukemien tasolla.

Haihdunnan kokonaismäärään vaikuttaa olennaisesti se, miten tarkastelujaksojen kesto eli jaksojen aloitus- ja lopetuspäivät määritetään. Luonteva aloituspäivä on sateen alkamispäivä. Lopetuspäivänä on hyvä käyttää virtaamien laskennassa määritettyä lopetuspäivää.

Suomen Ympäristökeskus SYKE seuraa ympäristön tilaa jatkuvasti ja raportoi ympäristön tilasta kuukausittain havaintoasemien mittaustulosten perusteella. Maankosteuden ja haihdunnan osalta heinäkuun 2004 raporteissa todettiin seuraavaa (Suomen Ympäristökeskus 2004a ja 2004c):

- Koska sateisten päivien välillä oli aurinkoisia päiviä erityisesti kuun puolivälin jälkeen, kosteasta maanpinnasta haihtui runsaasti vettä. Mallien mukaan Etelä-Suomessa haihtui tyypillisesti 70 - 110 mm, Lapissa 40 - 80 mm. Järvien haihdunta oli Etelä- ja Keski-Suomessa hieman tavanomaista pienempi eli 80 - 100 mm, Lapissa puolestaan keskimääräistä suurempi eli 70 - 80 mm. Maankosteus pysytteli koko kuukauden ajan korkealla, sateisimmilla alueilla se oli kuun lopussa ajankohtaan nähden ennätyksellinen. (Suomen Ympäristökeskus 2004a)
- Maankosteus pysytteli koko kuukauden ajan korkealla, sateisimmilla alueilla se oli kuun lopussa ajankohtaan nähden ennätyksellinen. Pohjaveden pinta nousi heinäkuussa runsassateisilla seuduilla varsinkin maan eteläosassa. (Suomen Ympäristökeskus 2004c)

4.3.3 Sade- ja sulamisvesien varastoituminen ja varastointi järviin

Valuma-alueilla on yleensä järviä ja joskus myös tekojärviä tai suuria tekoaltaita, joihin osa alueelle tulevasta sade- ja sulamisvedestä varastoituu luonnostaan. Osa alueen järvistä tai tekoaltaista voi olla säännöstelyn alaisia, jolloin niihin on mahdollista varastoida tarkoituksellisesti hyvinkin paljon vettä.

Järvien alapuolisten jokien virtaamien ja vedenkorkeuksien arvioinnin kannalta on hyvä, jos on olemassa tietoja alueen järvi-altaiden tilavuuksista, vesitasoista ja vedenkorkeusrajoista. Tällöin on mahdollista laskea varsin tarkasti, kuinka paljon vettä niihin voi varastoitua eri tulvatilanteissa. Säännöstelyn alaisista järvistä on yleensä hyvin saatavilla kyseisiä tietoja sekä säännöstelytilavuustiedot. Niihin tukeutuen voidaan karkeasti arvioida muiden järvien vastaavat ominaisuudet.

Säännöstelyillä järvillä toteutetaan yleensä ennen kevättulvan alkua ns. kevätalennus. Järven vedenpintaa laskemalla tehdään tilaa tulvavesille, jolloin järveen voidaan varastoida tulvahuipun aikana enemmän vettä ja pienentää alapuolisen vesistön virtaamaa. Varsinkin taajamien lähistöllä järvien vedenpintoja pidetään

kesällä korkeammalla virkistyskäytön takia, ja käytettävissä oleva varastotilavuus on tulvan sattuessa pienempi kuin keväällä. Rankkasateiden tullessa jää tällöin vain vähän aikaa juoksutusten kasvattamiseen, eikä järvien pintoja ehditä laskea ennen tulvaa.

4.3.4 Jokiin päätyvän sade- ja sulamisveden määrän mittaaminen

Jokien virtaamia ja vedenkorkeuksia mitataan yleensä päivittäin erityisillä mitta-asemilla. Suuremmilla valuma-alueilla on usein monta mitta-asemaa, jotka on sijoitettu tarkoituksenmukaisesti kohtiin vesistöissä. Osa mitta-asemista tai -paikoista on ollut käytössä jo pitkään, eli niistä on saatavilla vuosikymmenien taakse ulottuvat havaintosarjat.

Virtaamien ja vedenkorkeuksien havaintosarjojen perusteella saadaan käsitys jokien käyttäytymisestä eriasteisissa tulvatilanteissa. Mittaustietojen pohjalta mallilla voidaan laskea joessa kulkevan vesimassan määrä aikayksikössä. Suhteuttamalla tämä tieto veden korkeustasoon saadaan myös kuva vesimäärien ja tulva-alueiden välisestä suhteesta. Nämä ovat keskeisiä tietoja siirryttäessä arvioimaan jonkin mahdollisen tulevaisuuden ääritilanteen tulvavaikutuksia.

Tarkastelujaksojen aloitus- ja lopetuspäivien kiinnittäminen on tärkeä seikka sekä virtaaman laskennan että tulosten hyödyntämisen näkökulmista. Vedenkorkeuden ja virtaaman laskemisen aloitus- ja lopetuspäivän määrittäminen ei ole välttämättä helppoa, koska molemmat suureet ovat jatkumoa (ellei joki kuivu täysin). Lisäksi joissa on keväällä yleensä aina suhteellisen paljon vettä, suuri virtaama ja vesipinta korkealla. Kesällä samassa joessa voi olla monesti varsin vähän vettä.

Keväällä virtaaman ja vedenkorkeuden laskennan aloituspäiväksi voidaan kiinnittää esimerkiksi ajankohta, jolloin sateiden ja lumen sulamisen alkamisen jälkeä mitattu virtaama kasvaa yli kaksinkertaiseksi edeltävään aikaan verrattuna. Kesällä on luontevaa käyttää ajankohta, jolloin virtaama on kasvanut yli kaksi kertaa joen keskivirtaamaa suuremmaksi. Virtaaman laskemisen lopetuspäivät voidaan kiinnittää samoja periaatteita vastakkaisella tavalla noudattaen.

4.3.5 Hulevedet

Rakennetuilla alueilla viemärijärjestelmät on tyypillisesti suunniteltu johtamaan hulevedet mahdollisimman nopeasti vesistöihin. Suunnilleen 1970-luvulta alkaen uusille taajama-alueille on rakennettu pääsääntöisesti erillisviemärintä. Sitä ennen viemärijärjestelmät toteutettiin usein sekaviemäreinä, joissa myös hulevedet päätyvät jätevedenpuhdistamoihin. Taajamien hulevesistä huolehtiminen on vesihuoltolaitosten vastuulla myös erillisviemäröidyillä alueilla (Suhonen ja Rantakokko 2006).

Hulevesien laskentamallissa huomioon otettava osuus sade ja sulamisvesistä riippuu siis pääasiassa kahdesta tekijästä. Toinen niistä on taajama-alueiden osuus valuma-alueen pinta-alasta, ja toinen on sekaviemäreiden osuus koko hulevesiviemäriverkostosta. Kaiken kaikkiaan laskentamallissa huomioon otettavien hulevesien osuus jää yleensä hyvin pieneksi. Yleensä tällaisten hulevesien osuus tulviin liittyvistä vesimääristä on 0 - 2 prosenttia.

4.3.6 Tapahtumien ajoitukset ja viiveet niiden välillä

Aikaa, joka menee sade- ja sulamisveden tulon alkamisesta virtaaman kasvuun yli tulvarajan, voidaan kutsua viiveeksi. Vuodenaika vaikuttaa viiveen pituuteen varsin paljon. Kevättulvissa viive on usein moninkertainen kesätulviin verrattuna. Pitkä viive kevättulvissa johtuu todennäköisesti siitä, että jäljellä oleva lumi hidastaa veden valumista jokiuomiin. Lumipatja toimii ikään kuin välivarastona sulaneelle vedelle.

Viiveen pituus riippuu osittain myös siitä, missä kohtaa jokea sitä mitataan. Kooltaan hyvin suurilla valuma-alueilla tämä on tietenkin merkittävämpi seikka kuin pienemmillä alueilla.

Sadannan ja virtaaman välisessä suhteessa sadejakson (tai lumen sulamisajan) kokonaiskesto on hyvin tärkeä tekijä (muuttuja). Mitä lyhyemmällä ajanjaksolla kokonaissadanta kertyy, sitä vähemmän aikaa vesimassoilla on virrata jokien kautta pois alueelta, ja sitä korkeammalle tulvaveden yli korkeus nousee.

5 Virtaamat ja vedenkorkeudet, erityisesti vuosien 1966 ja 2004 tulvissa

5.1 Virtaamat tulvissa

5.1.1 Virtaaman tilastolliset tunnusluvut Vantaanjoen vesistössä

Vantaanjoen vesistössä virtaamavaihtelut ovat suuria, koska järviä on vähän ja ne sijaitsevat pääsääntöisesti vesistön latvaosissa. Sade- ja sulamisvedet kasvattavat virtaamaa nopeasti, ja toisaalta vähäsatteeseen aikaan vettä virtaa niukasti.

Virtaamien tilastolliset tunnusluvut Vantaanjoen vesistön havaintopaikoissa on esitetty taulukossa 2. Havaintojaksojen pituudet eri havaintopaikoissa vaihtelivat suuresti. Joissakin paikoissa havaintoja oli tehty vasta muutaman vuoden, eli niiden merkitys on vielä mitätön. Riihimäen korkeudella ei ollut ympäristöhallinnon virtaaman havaintopaikkoja. Virtaaman havaintopaikkojen sijainti on esitetty kuvassa 8. Eri vuosina tapahtuneissa tulvissa mitattuja/arvioituja virtaamia tarkastellaan osaksi seuraavassa luvussa, ja lisäksi luvussa 5.3 olevassa taulukoissa 7 ja 8 on tietoja suurista tulvavirtaamista ja -vedenkorkeuksista.

Taulukko 3. Vantaanjoen vesistön virtaamien tunnuslukuja eri havaintopisteissä. (Suhonen 2006)

Nro	Nimi	Tunnus	Havainto- jakso	NQ	MNQ	MQ	MHQ	HQ	HQ-vuosi
1	Oulunkylä	2101700	1937–2004	0,6	2,0	16,0	133	317	1966
2	Myllymäki ¹⁾	2101220	1966–2004	0,7	1,7	12,3	92	228	1966
3	Vantaa, Ylikylä ²⁾	2101500	2002–2004	0,64	0,95	4,6	28	51	2004
4	Kytäjärvi, luusua 2	100130	1961–2004	0	0,12	1,21	6,9	27	1966
5	Ala-Suolijärvi, luusua	2100121	1965–2004	0	0,03	0,39	1,47	3,3	1966
6	Ylä-Suolijärvi, luusua ³⁾	2100120	1961–1994	0	0,02	0,4	1,61	3,3	1966
7	Hirvijärvi, luusua ⁴⁾	2100110	1961–1995	0	0,04	0,25	0,76	1,45	1974
8	Valkjärvi, luusua	2100920	1961–2004	0	0	0,07	1,01	4,7	1963
9	Lepsämänjoki lm	2104900	2002–2004	0,08	0,28	2,5	14,8	18,1	2004
10	Sandbacka	2100946	1971–2004	0,03	0,11	0,72	5,5	12	1977
11	Tuusulanjärvi, luusua ⁵⁾	2101310	1961–1989 1990–2004	0 0	0,04 0,06	0,89 0,98	5,2 5,4	11,5 8,5	1966 1999
12	Stenkulla	2101600	1912–1927	0,1	0,31	3,9	40	60	1919
13	Hanala ⁶⁾	2101510	1940–1965	0,09	0,2	2,8	29	53	1957
14	Hanala ⁶⁾	2101520	1966–2004	0,05	0,23	2,9	28	63	1966
15	Ridasjärvi, luusua	2100300	2002–2004	0,22	0,29	0,91	3,8	7,5	2004

1) Purkautumiskäyrä tarkistettu 1966. Aikaisemmat havainnot eivät ole vertailukelpoisia.

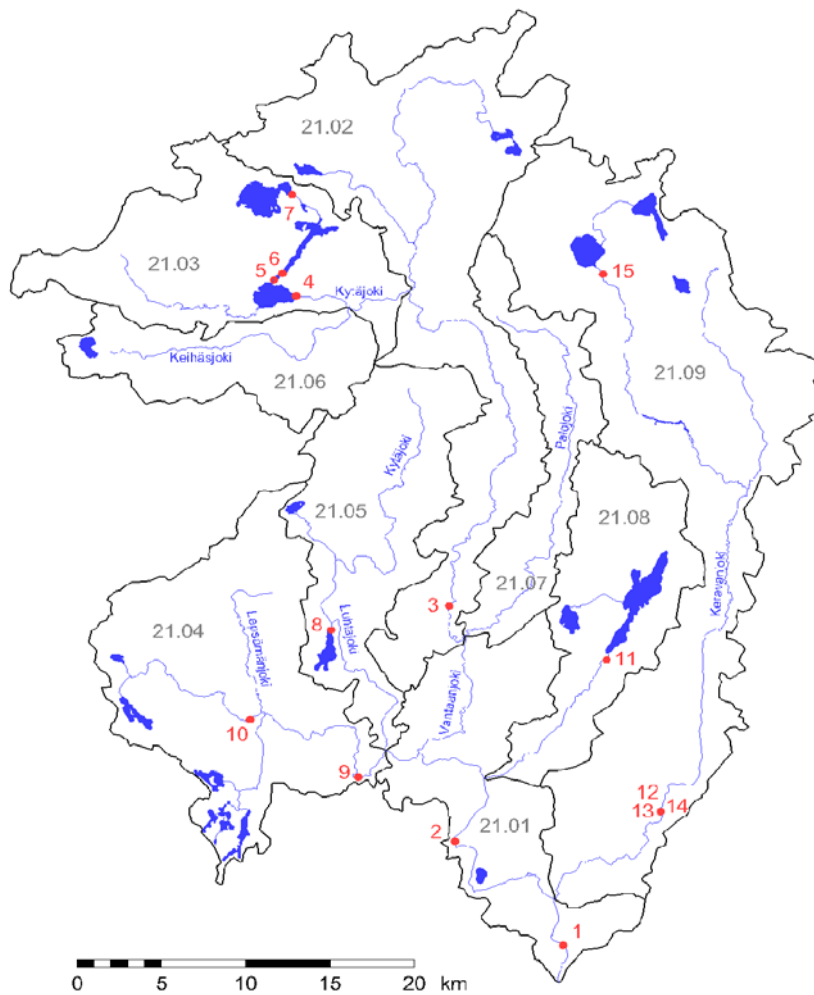
2) Havainnot puuttuvat kesän 2004 tulvahuipun ajalta 30.7. - 1.8.2004.

3) Havainnointi käynnistynyt uudelleen 10/2004.

4) Vuoden 1994 jälkeen havainnointi ei ole ollut säännöllistä.

5) Tuusulanjärven säännöstelyä on muutettu vuonna 1990.

6) Hanalan havaintoasema siirretty vuonna 1966.



1 Oulunkylä	2101700	1937–	9 Lepsämänjoki lm	2104900	2002–
2 Myllymäki	2101220	1966–	10 Sandbacka	2100946	1971–
3 Vantaa, Ylikylä	2101500	2002–	11 Tuusulanjärvi, luusua	2101310	1961–
4 Kytäjärvi, luusua	2100130	1961–	12 Stenkulla	2101600	1912–1927
5 Ala-Suolijärvi, luusua	2100121	1965–	13 Hanala	2101510	1940–1965
6 Ylä-Suolijärvi, luusua	2100120	1961–	14 Hanala	2101520	1966–
7 Hirvijärvi, luusua	2100110	1961–	15 Ridasjärvi, luusua	2100300	2002–
8 Valkjärvi, luusua	2100920	1961–			

Kuva 8. Vantaanjoen valuma-alueen virtaaman havaintopaikkojen nimet ja sijainti. (Suhonen ja Rantakokko 2006)

5.1.2 Virtaamat tulvissa keväällä 1966 ja kesällä 2004

Pääasiassa hyvin suuren lumimäärän erittäin nopean sulamisen seurauksena virtaamat Vantaanjoen vesistöalueen uomissa keväällä 1966 kasvoivat ennätysellisen suuriksi aikaisempiin kevättulviin verrattuna. Vuoden 1966 kevättulvassa havaitut maksimivirtaamat ja virtaamien Gumbel -jakaumalla määritetyt tulvan toistuvuusajat eri havaintopaikoissa olivat taulukossa 4 esitetyn suuruiset (mm. Suhonen ja Rantakokko 2006).

Taulukko 4. Maksimivirtaamat havaintopaikoilla vuoden 1966 kevättulvassa sekä virtaamien tilastolliset toistuvuusajat. Huomaus! Tässä esitetyt Hanalan toistuvuudet kuvaavat tilannetta ennen Keravanjoessa 1990-luvulla tehtyjä kunnostustöitä. Keravanjoen kunnostussuunnitelman mukaan mitoitusvirtaama HQ (1/100) = 62,3 m³/s.

Havaintopaikka	Ylivirtaama vuonna 1966		HQ 1/100	HQ 1/250
Vanhakaupunki Vantaanjoki, Helsinki	HQ virtaaman toistumisaika	310 m ³ /s yli 250 v.		
Oulunkylä Vantaanjoki, Helsinki	HQ virtaaman toistumisaika	317 m ³ /s yli 250 v.	274 m ³ /s	307 m ³ /s
Pitkääkoski Vantaanjoki, Helsinki	HQ virtaaman toistumisaika	228 m ³ /s yli 250 v.	197 m ³ /s	221 m ³ /s
Myllymäki Vantaanjoki, Vantaa	HQ virtaaman toistumisaika	228 m ³ /s yli 250 v.	197 m ³ /s	221 m ³ /s
Pirttiranta ¹⁾ Vantaanjoki, Vantaa	HQ virtaaman toistumisaika	127 m ³ /s yli 250 v.	106 m ³ /s	
Hanala ²⁾ Keravanjoki, Vantaa	HQ virtaaman toistumisaika	63 m ³ /s 150 v.	60 m ³ /s	67 m ³ /s
Kytäjärvi luusua, Hyvinkää	HQ virtaaman toistumisaika	26,8 m ³ /s yli 250 v.	19 m ³ /s	22 m ³ /s
Tuusulanjärvi luusua, Tuusula	HQ virtaaman toistumisaika	11,5 m ³ /s 180 v.	11 m ³ /s	12 m ³ /s

¹⁾ Arvio. ²⁾ paalu 125 + 40.

Sateiden seurauksena virtaamat Vantaanjoen vesistöalueen uomissa kesällä 2004 kasvoivat aikaisempiin kesäajan (1.6. - 31.8.) virtaamiin verrattuna ennätyskellisen suuriksi.

Toisaalta, suurimpiin kevättulviin verrattuna virtaama ei ollut poikkeuksellisen suuri. Pääasiassa kevättulvien mittaushavaintoihin perustuen esimerkiksi Myllymäen havaintopisteessä voidaan yleisesti pitää tulvarajana 100 - 110 m³/s suurista virtaama (Suhonen ja Rantakokko 2006). Kesällä 2004 virtaama oli Myllymäen havaintoasemalla Vantaankosken yläpuolella suurimmillaan 119 m³/s.

Talvi-, kevät- ja kesätulvia on kuitenkin syytä tarkastella erillään toisistaan, koska vesistöalueen tulvakäyttäytyminen sekä tulvien syntyyn tarvittavat sade- ja sulamisvesien määrät ovat erilaisia talvella, keväällä ja kesällä. Vuoden 2004 kesätulvassa havaitut maksimivirtaamat on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Maksimivirtaamat havaintopaikoilla vuoden 2004 kevättulvassa.

Havaintopaikka	Ylivirtaama vuonna 2004		Ylivirtaama keskimääräisenä kevättulvana	Tulvaraja (T) Hätäraja (H)
Oulunkylä Vantaanjoki, Helsinki	HQ virtaaman toistumisaika	175 m ³ /s 7 v.	133 m ³ /s	131 m ³ /s (T)
Myllymäki Vantaanjoki, Vantaa	HQ virtaaman toistumisaika	119 m ³ /s 7 v.	92 m ³ /s	120 m ³ /s (T)
Paloheimo Vantaanjoki, Riihimäki	HQ toistuvuus aika			
Hanala Keravanjoki, Vantaa	HQ virtaaman toistumisaika	48 m ³ /s 22 v.	28 m ³ /s	20 m ³ /s (T)
Kytäjärvi luusua, Hyvinkää	HQ virtaaman toistumisaika	11,3 m ³ /s 9 v.	6,9 m ³ /s	
Tuusulanjärvi luusua, Tuusula	HQ	7,8 m ³ /s virtaaman toistumisaika	5,4 m ³ /s 13 v.	

Pienehköjen ja pienten sivu-uomien (mm. Nissinoja Keravalla) tulvien suuruutta on perusteltua arvioida niiden vesistöalueiden sademäärän perusteella, koska yleensä pienehköissä sivu-uomissa ei ole virallisia veden virtauksen ja korkeuden mittauspaikkoja. Keravan sademäärän perusteella voidaan arvioida, että kunnan alueella olevien Keravanjoen sivu-uomien tulvien tilastollinen toistuvuus heinä-elokuun taitteen aikoihin oli kerran 50 vuodessa tai vieläkin pienempi.

Lisätietoja:

- Uudenmaan ympäristökeskuksen tiedotteen 30.7. mukaan Vantaanjoen virtaama Myllymäessä oli 92 m³/s tiedotteen päiväyksen ajankohtana
- Uudenmaan ympäristökeskuksen tiedotteen 19.8.2004 mukaan Vantaanjoen virtaamat olivat moninkertaisia tavanomaiseen verrattuna. Esimerkiksi Vantaankoskella maksimivirtaama oli 119 kuutiometriä sekunnissa kun tavanomainen virtaama on noin 4 - 5 kuutiometriä sekunnissa. Myöhemmin tiedotteen julkaisupäivänä (19.8.2004) virtaama oli noin 20 kuutiometriä sekunnissa.
- SYKEN tietojen mukaan Vantaanjoen tulvahuippu 2.8.2004 oli Oulunkylän kohdalla 190 m³/s. Vuonna 2004 Vantaanjoen keskivirtaama ajankohdan keskiarvosta oli 451 % heinäkuussa ja 587 % elokuussa. (Suomen Ympäristökeskus (2004a ja b))

5.2 Vedenkorkeudet tulvissa

5.2.1 Vedenkorkeuden tunnusluvut Vantaanjoen vesistössä

Vedenkorkeuden tilastolliset tunnusluvut eri havaintopisteissä on esitetty taulukossa 6 (Suhonen 2006).

Taulukko 6. Vantaanjoen vesistön vedenkorkeuden tunnuslukuja eri havaintopisteissä. (Suho-
nen 2006)

Nro	Nimi	Tunnus	Havainto- jakso	Korkeus järjestel- mä	NW	MNW	MW	MHW	HW	HW- vuosi
1	Oulunkylä ¹⁾	2101700	1937–2004	N60	5,85	5,98	6,34	7,61	n. 9,1 ²⁾	1966
2	Vanhakaupunki ³⁾	2101710	2004	N60						
3	Myllymäki	2101220	1959–2004	NN	23,07	23,19	23,60	25,20	26,78	1966
4	Vantaa, Ylikylä	2101500	2002–2004	N60	29,13	29,19	29,47	30,87	32,28	2004
5	Arolammen silta	2100230	1999–2004	N60	83,82	83,89	84,12	85,52	86,50	2004
6	Vantaanjoen Paloheimo	2100210	2001–2004	N60	86,47	86,58	86,72	87,14	87,45	2004
7	Erkylän myllylampi ⁴⁾	2100220	2001–2004	N60	102,50	103,15	103,45	103,60	103,66	2004
8	Kytäjärvi	2100130	1960–2004	NN	78,54	78,96	79,58	80,15	80,69	2004
9	Ala-Suolijärvi	2100121	1970–2004	NN	85,03	86,86	87,37	87,74	87,92	2004
10	Ylä-Suolijärvi	2100120	1961–2004	NN	86,63	87,44	87,92	88,27	88,62	2004
11	Hirvijärvi	2100110	1958–2004	NN	102,69	102,94	103,1	103,4	103,80	2000
12	Luhtaanmäenjoki	2104800	1997–2004	N60	25,23	25,28	25,81	28,01	28,64	1999
13	Luhtajoki (Hagalund)	2104700	1997–2004	N60	26,98	27,02	27,24	28,44	29,17	2004
14	Valkjärvi	2100920	1960–2004	NN	33,62	33,92	34,11	34,41	35,25	1966
15	Lepsämänjoki lm	2104900	1996–2004	N60	27,16	27,25	27,62	29,46	29,86	1999
16	Sandbacka	2100940	1971–2004	N43	37,02	37,74	37,99	38,56	38,96	1984
17	Salmijärvi, luusua	2105000	1999–2004	N60	51,57	51,69	51,91	52,22	52,34	1999
18	Otalampi	2105100	1999–2004	N60	66,39	66,50	66,63	66,77	66,84	2002
19	Tuusulanjärvi ⁵⁾	2101310	1959–1989	NN	36,96	37,23	37,63	37,95	38,29	1966
		2101310	1990–2004	NN	37,40	37,52	37,68	37,97	38,21	1999
20	Rusutjärvi	2101320	1995–2004	N60	45,63	45,72	45,80	45,96	46,14	2004
21	Hanaböle	2101510	1941–1968	NN	16,97	17,12	17,54	18,80	19,39	1966
22	Hanala ⁶⁾	2101520	1990–2004	N43	22,77	22,84	22,98	22,53	23	2004
23	Ridasjärvi	2100300	1994–2004	N60	80,98	81,01	81,14	81,69	82,35	2004

- 1) Oulunkylässä on havainnoitu vedenkorkeutta 1912 - 1937. Havainnot ovat kuitenkin niin puutteellisia, että vedenkorkeudet on määritelty purkautumiskäyrästä virtaamien perusteella.
- 2) Vuoden 1966 ylivedestä ei ole vedenkorkeushavaintoa. Vedenkorkeus on määritelty perkaussuunnitelmassa (Imatran Voima Oy 1968) olevien vedenkorkeuskäyrien avulla.
- 3) Havaintoasema perustettu 18.10.2004.
- 4) Havainnot puuttuvat 30.5.2004 jälkeen.
- 5) Tuusulanjärven säännöstelylupaa on muutettu vuonna 1990.
- 6) Hanalan purkautumiskäyrä on määritetty 1990, aikaisemmat vedenkorkeushavainnot eivät ole vertailukelpoisia.

5.2.2 Vedenkorkeudet tulvissa keväällä 1966 ja kesällä 2004

Hyvin suuren lumimäärän erittäin nopean sulamisen seurauksena vedenkorkeudet Vantaanjoen vesistön uomissa keväällä 1966 kasvoivat ennätysellisen korkeiksi aikaisempiin kevättulviin verrattuna. Vuoden 1966 kevättulvassa havaitut maksimivedenkorkeudet ja niitä vastaavien virtaamien Gumbel-jakauman avulla määritetyt tulvan toistuvuusajat eri havaintopaikoissa olivat taulukossa 7 esitetyn suuruiset.

Vuoden 1966 tulvan vedenkorkeuksia tarkasteltaessa on syytä ottaa huomioon, että kyseessä oli kevättulva. Sitä edelsi kova pakkastalvi, joten jääpeite oli paksu. Ilmeisesti jäästä tavalla tai toisella johtuneet patoutumat nostivat osaltaan vedenkorkeutta monin paikoin paljonkin yli sen korkeuden, mihin vesimäärä yksistään olisi riittänyt. Vantaanjoessa lienee ollut jääpatoja mm. Tapolan vanhan riippusillan kohdalla vuonna 1966, ja niitä jouduttiin räjäyttämään auki.

Taulukko 7. Maksimivedenkorkeudet havaintopaikoilla vuoden 1966 kevättulvassa sekä vedenkorkeuksien tilastolliset toistuvuusajat.

Havaintopaikka	Ylivesi vuonna 1966		HW 1/100	HW 1/250
Vanhakaupunki Vantaanjoki, Helsinki	HW toistuvuus aika	N43+8,17 m yli 250 v.		
Oulunkylä ¹⁾ Vantaanjoki, Helsinki	HW toistuvuus aika	n. N60+9,1 m n. 250 v.	n. N60+8,8 m ²⁾	n. N60+9,1 m ²⁾
Pitkäkoski Vantaanjoki, Helsinki	HW toistuvuus aika	N43+19,20 m yli 250 v.		
Myllymäki Vantaanjoki, Vantaa	HW toistuvuus aika	NN+26,78 m yli 100 v.	NN+26,69 m	NN+27,01 m
Pirttiranta ⁴⁾ Vantaanjoki, Vantaa	HW toistuvuus aika	n. N43+29,6 m yli 100 v.	N43+29,53 m	
Hanala ^{1) 3)} Keravanjoki, Vantaa	HW toistuvuus aika	n. NN+24,00 m n. 100 v.	NN+24,00 m	NN+24,07 m
Kytäjärvi luusua, Hyvinkää	HW toistuvuus aika	NN+80,68 m n. 50 v.	NN+80,80 m	NN+80,95 m
Tuusulanjärvi luusua, Tuusula	HW toistuvuus aika	n. NN+38,34 m n. 130 v.	NN+38,32 m	NN+38,40 m

¹⁾ Oulunkylän ja Hanalan vedenkorkeudet on määritelty purkautumiskäyrästä virtaamien perusteella.

²⁾ HW 1/100 ja HW 1/250 ovat arvioita, saatu jatkamalla purkautumiskäyrää vapaasti eteenpäin.

³⁾ paalu 125 + 40. ⁴⁾ Arvioitu ilmakuviosta, tarkkuus ±0,2 m.

Sateiden seurauksena vedenkorkeudet Vantaanjoen vesistöalueen uomissa kesällä 2004 kasvoivat aikaisempiin kesäajan (1.6. - 31.8.) vedenkorkeuksiin verrattuna ennätyksellisen suuriksi.

Vuoden 2004 kesätulvassa havaitut maksimivedenkorkeudet on esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8. Maksimivedenkorkeudet havaintopaikoilla vuoden 2004 kevättulvas-
sa.

Havaintopaikka	Ylivesi vuonna 2004		Ylivesi keski- määräisenä kevättulvana	Tulvaraja (T) Hätäraja (H)
Vanhakaupunki Vantaanjoki, Helsinki	HW toistuvuus aika			N43+8,50 m (H)
Oulunkylä ¹⁾ Vantaanjoki, Helsinki	HW toistuvuus aika	N60+7,99 m 7 v.	N60+7,61 m	NN+ 7,53 m (T)
Pitkäkoski Vantaanjoki, Helsinki	HW toistuvuus aika			N43+19,50 m (H)
Myllymäki Vantaanjoki, Vantaa	HW toistuvuus aika	NN+25,63 m 7 v.	NN+25,20 m	NN+ 25,65 m (T)
Paloheimo Vantaanjoki, Riihimäki	HW toistuvuus aika	N60+ 87,45 m	N60+ 87,14 m	N60+ 87,17 m (T)
Hanala Keravanjoki, Vantaa	HW toistuvuus aika	N43+23,87 m 22 v.	N43+22,53 m	NN+ 23,42 m (T)
Kytäjärvi Hyvinkää	HW toistuvuus aika	NN+80,69 m 9 v. (?)	NN+80,15 m	NN+80,40 m (H)
Tuusulanjärvi Tuusula	HW toistuvuus aika	NN+38,20 m 13 v.	NN+37,97 m	N60+38,60 m (H)

Lisätietoja:

- Uudenmaan ympäristökeskuksen tiedotteen 30.7. mukaan Vantaanjoen virtaama Myllymäessä oli 92 m³/s tiedotteen päiväyksen ajankohtana. Virtaama oli tiedotteen mukaan ajankohtaan nähden aivan poikkeuksellinen. Vedenkorkeuksina arvo tarkoittaa sitä, että vesi oli mittauspaikalla noin 2 metriä ajankohdan keskiarvoihin nähden korkeammalla.

5.2.3 Kuntakohtaisia tietoja eri jokiosuuksien vedenkorkeuksista tulvissa

Tietoja Vantaanjoen vesistöissä toteutuneista vedenkorkeuksista eri tulvissa on kuvattu eri lähteissä (mm. Suhonen 2006, tämän tutkimuksen kuntaraportit). Lisäksi saatiin tietoja mm. tulvarajoista. Kesän 2004 tulvasta on sanottu, että vedenkorkeus nousi valuma-alueen joissa yleisesti jopa 2 - 3 metriä heinäkuun keskimääräisten vedenkorkeuksien yläpuolelle.

Etenkin ennen vuotta 2004 tapahtuneita tulvia koskevat tulvavedenkorkeusluemat ovat osaksi vain suuntaa antavia. Varsinainen mittaus- ja havaintoaineisto on puutteellista, ja siksi tutkimuksissa on jouduttu tekemään osin epätarkkoja tulvavedenkorkeuden määrittäksiä.

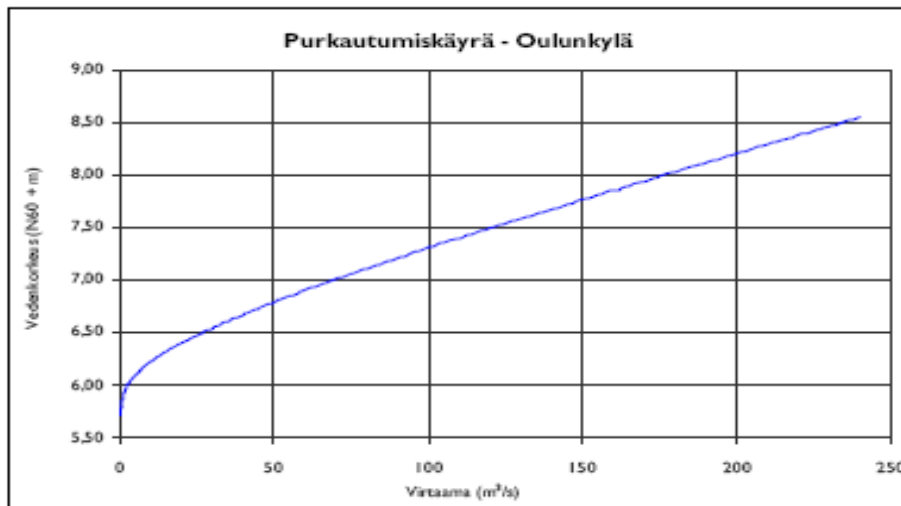
Pääosa tiedoista oli peräisin Suhosen diplomityöstä (2006), jossa kohteena olivat Vantaanjoen vesistöalueen suurimmat jokiuomat (Vantaanjoki, Kytäjoki, Keihäs-joki, Luhtajoki, Lepsämänjoki, Palojoki, Tuusulanjoki ja Keravanjoki). Suhosen työssä tulvakorkeuksien määrittämisessä hyödynnettiin mm. Uudenmaan ympäristökeskuksen kesätulvan 2004 aikana tekemiä mittauksia. Eri puolilla vesistöä mitattiin vedenkorkeus yhteensä 99 sillan kohdalta. Sateista aiheutuva kesätulva nousee ja myös laskee nopeasti, joten osassa mittauksia jouduttiin ylivedenkorkeutta arvioimaan tulvan jättämien jälkien perusteella. Aineistona käytettiin myös

ympäristöhallinnon vedenkorkeusasemien tietoja, sekä kuntien omia tulvami-
tauksia vuosien 1966 ja 2004 tulvista.

5.3 Virtaaman ja vedenkorkeuden suhde tulvissa

Havaintosarjoihin ja laskennallisiin arvioihin perustuvat purkautumiskäyrät osoittavat veden virtaaman määrän ja vedenkorkeuden keskinäiset suhteet tietyillä havaintoasemilla. Purkautumiskäyrien avulla voidaan siis määrittää melko luotettavasti havaituista vedenkorkeuksista vastaavat virtaamat ja päinvastoin. Suhosen ja Rantakokon (2006) teoksessa on esitetty Vantaanjoen vesistöalueelta lasketut purkautumiskäyrät Oulunkylän, Myllymäen, Vantaan Ylikylän, Lepsämänjoen ja Hanalan havaintoasemille. Ne on tuotu sellaisinaan tähän tutkimukseen ja esitetty kuvissa 10 - 14.

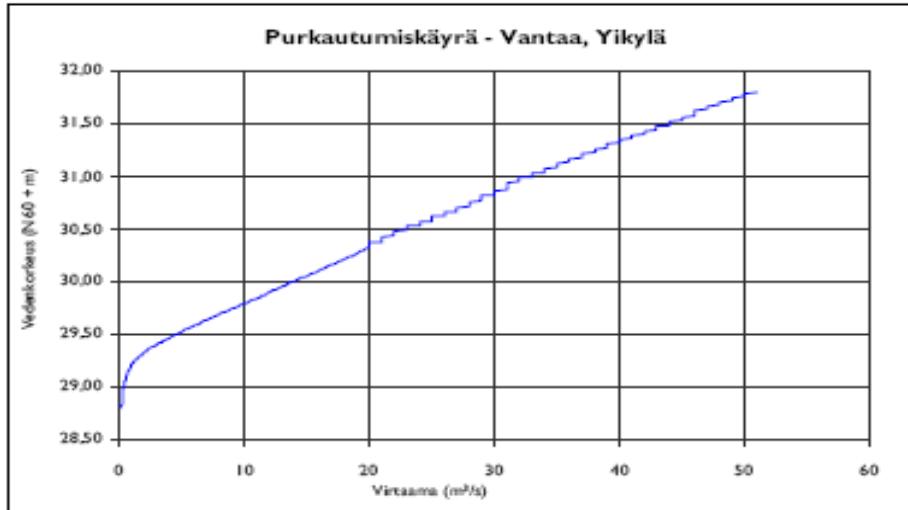
Ojien ja pienempien purojen vedenjohtokyvyt voivat kesällä olla kasvillisuuden vaikutuksesta oleellisesti huonompia keväeseen ja syksyyn verrattuna. Tällöin vedenpinnat ovat kesällä samalla virtaamalla huomattavasti ylempänä.



Kuva 9. Oulunkylä-havaintoasemalle Vantaanjoessa (Helsingissä) muodostettu veden purkautumiskäyrä.



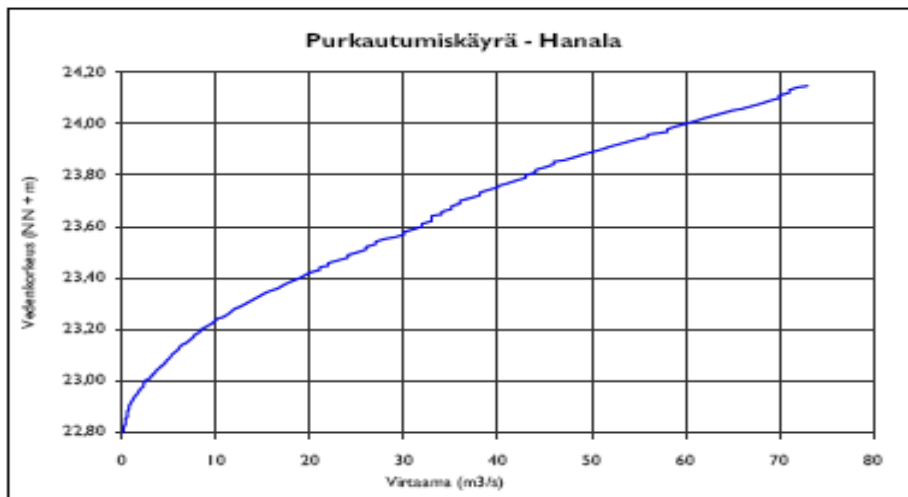
Kuva 10. Myllymäki-havaintoasemalle Vantaanjoessa (Vantaalla) muodostettu veden purkautumiskäyrä.



Kuva 11. Vantaa, Ylikylä -havaintoasemalle Vantaanjoessa muodostettu veden purkautumiskäyrä.



Kuva 12. Lepsämänjoki lm -havaintoasemalle (Nurmijärvellä) muodostettu veden purkautumiskäyrä.



Kuva 13. Hanala -havaintoasemalle Keravanjoessa (Vantaalla) muodostettu veden purkautumiskäyrä.

Vantaanjoen vesistön keskeisimpien kohteiden vedenkorkeuden ja virtaaman raja-arvoja on koottu taulukkoon 9. Raja-arvoja määritettäessä ei ole ollut käytettävissä vahinkoarvioita tulva-alueilta eri vedenkorkeuksilla ja virtaamilla, vaan ne on arvioitu mm. kesän 2004 tulvan perusteella. Raja-arvon ylittyessä alkaa syntyä tulvavahinkoja tai on syytä nostaa tulvantorjuntavalmiutta. Taulukossa on lisäksi Helsingin kaupungin hälytysjärjestelmässä käytettävät Pitkäkosken raja-arvot (Helsingin kaupunki 2005). Taulukon 9 arvosta poiketen Suhonen ja Rantakokko (2006, 54) esittivät, että Vantaanjoella voidaan yleisesti pitää tulvarajana Myllymäen virtaama 100 - 110 m³/s.

Taulukko 9. Virtaamien ja vedenkorkeuksien raja-arvoja havaintoasemilla. (Suhonen ja Rantakokko 2006)

Havaintopaikka	Tunnus	Raja	Vedenkorkeus	Virtaama
Oulunkylä	2101700	Tulvaraja	NN+ 7,53 m	131 m ³ /s
Pitkäkoski	Helsingin Veden asteikko	Ilmoitusraja Hälytysraja	N43+ 17,28 m N43+ 17,77 m	60 m ³ /s 90 m ³ /s
Myllymäki	2101220	Tulvaraja	NN+ 25,65 m	120 m ³ /s
Paloheimo	2100210	Tulvaraja	N60+ 87,25 m	
Lepsämänjoki	2104900	Tulvaraja		10 m ³ /s
Hanala	2101520	Tulvaraja	NN+ 23,42 m	20 m ³ /s

Vantaanjoen vesistöalueella ennen vuotta 2005 havaittuihin tulviin liittyviä tietoja päiväkohtaisten maksimivirtaamien ja -vedenkorkeuksien suhteista eri mittauspisteissä on esitetty taulukossa 10. Siinä on lisäksi esitetty näiden virtaamien tilastollisesti lasketut toistumisajat, eli vastaavan suuruisten virtaamien Gumbel - jakaumalla määritetyt toistuvuudet.

Taulukko 10. Vantaajoen vesistöalueella ennen vuotta 2005 havaittujen suurimpien tulvien maksimivedenkorkeudet ja -virtaamat sekä virtaamien Gumbel-jakaumalla määritetyt toistuvuudet (Suhonen ja Rantakokko 2006).

		1966	1951	1984	1970	1962	2004	1999
Oulunkylä ¹⁾	HQ	317 m ³ /s	234 m ³ /s	204 m ³ /s	196 m ³ /s	177 m ³ /s	175 m ³ /s	166 m ³ /s
2101700	HW (N60)		8,50 m	8,24 m	8,17 m	8,01 m	7,99 m	7,91 m
Q: 1937–2004	virtaaman toistumisaika	yli 250 v.	33 v.	14 v.	11 v.	7 v.	7 v.	5 v.
Myllymäki	HQ	228 m ³ /s		147 m ³ /s	142 m ³ /s		119 m ³ /s	115 m ³ /s
2101220	HW (NN)	26,78 m		25,96 m	25,93 m		25,63 m	25,58 m
Q: 1966–2004	virtaaman toistumisaika	yli 250 v.		18 v.	15 v.		7 v.	5 v.
Hanala ²⁾	HQ	63 m ³ /s	39 m ³ /s	40 m ³ /s	39 m ³ /s	50 m ³ /s	48 m ³ /s	37 m ³ /s
2101520	HW (N43)						23,87 m	23,71 m
Q: 1940–2004	virtaaman toistumisaika	150 v.	8 v.	8 v.	8 v.	34 v.	22 v.	6 v.
Kytäjärvi	HQ	26,8 m ³ /s		9,1 m ³ /s	11,0 m ³ /s	12,6 m ³ /s	11,3 m ³ /s	7,8 m ³ /s
2100130	HW (NN)	80,68 m		80,50	80,10 m	80,20 m	80,69 m	80,57 m
Q: 1961–2004	virtaaman toistumisaika	yli 250 v.		< 5 v.	9 v.	14 v.	9 v.	alle 5 v.
Tuusulanjärvi ³⁾	HQ	11,5 m ³ /s		7,5 m ³ /s	8,4 m ³ /s	7,3 m ³ /s	7,8 m ³ /s	8,5 m ³ /s
2101310	HW (NN)	38,29 m		37,95 m	38,17 m	38,08 m	38,20 m	38,21 m
Q: 1961–2004	virtaaman toistumisaika	180 v.		10 v.	18 v.	9 v.	13 v.	19 v.

¹⁾ Oulunkylän vedenkorkeudet on määritelty purkautumiskäyrästä virtaamien perusteella. Purkautumiskäyrä on määritetty vain virtaamaan 240 m³/s asti.

²⁾ Hanalassa käytettävä purkautumiskäyrä on määritelty 1990. Aikaisemmat vedenkorkeushavainnot eivät ole vertailukelpoisia, johtuen vesistössä tehdyistä muutostöistä.

³⁾ Tuusulanjärven säännöstelyä muutettu 1990, ei suurta vaikutusta tulvavedenkorkeuksiin.

6 Tulvavahingot rakennuksissa, tiestössä ja muussa infrastruktuurissa

6.1 Kiinteistöjen ja rakennusten tulvavahingot

6.1.1 Rakennusten tulvavahingot Vantaalla

Tutkimuksessa selvitettiin vuoden 2004 heinä-elokuun vaihteen rankkasateiden ja tulvien aiheuttamia vahinkoja kiinteistöille ja rakennuksille, verkostoille ja muille rakenteille yhteistyössä Vantaan kaupungin viranhaltijoiden kanssa. He myös antoivat tutkimuksen käyttöön erilaisia aineistoja mm. tulvien vaikutuksista ja niihin varautumisesta Vantaalla.

Vahinkojen laatua, määrää ja niiden aiheuttamia kustannuksia selvitettiin lisäksi Vantaan hallintokuntien kokouspöytäkirjoissa esitettyjen tietojen valossa, Vantaan kaupungin tutkimusten ja selvitysten perusteella sekä maa- ja metsätalousministe-

riöltä ja muilta valtion tulvavahinkokorvausjärjestelmän osapuolilta saatujen tulvavahinkotietojen ja -tilastojen avulla. Tutkimuksen käytössä oli Uudenmaan ympäristökeskuksen kannanottoja 14 vahinkokiinteistön osalta sekä Vantaan kaupungin maaseututoimen tekemien tulvavahinkotarkastusten tietoja näihin kiinteistöihin liittyen.

Vahinko- ja ongelmatilanteet heinä-elokuussa vuonna 2004

Uudenmaan ympäristökeskuksen mukaan Vantaan kaupungin alueella Vantaan- ja Keravanjoella sekä Lepsämänjoen pääuomalla ynnä Kylmä- ja Rekolanojalla oli heinä-elokuussa tulvavahinkokorvauslain tarkoittama poikkeuksellinen vesistötulva (Uudenmaan ympäristökeskus 2004b, 2005 b, 2005c). Vesistön tulviminen aiheutti vahinkoja vesistöuomien varsien rakennuksille, ja lisäksi tulvavettä valui viemäreihin, mikä pahensi osaltaan viemäriverkostojen jo muutenkin vaikeaa tilannetta. Ympäristökeskuksen arvion mukaan Keravanjoen ja siihen laskevan Kylmäojan vaikutusalueella tapahtunut viemäreiden poikkeuksellinen tulviminen oli voinut aiheutua vesistöstä viemärijärjestelmään päässeestä vedestä (Uudenmaan ympäristökeskus 2004b).

Tulvivasta vesistöstä ja kaduilla tulvineista vesimassoista pääsi valumaan suuria määriä vettä viemärikaivoista alas viemäriverkostoihin. Veden kokonaismäärä viemäreissä ylitti verkoston kapasiteetin erityisesti Viertolan alueella Tikkurilassa. Veden pinta viemäriverkostossa nousi niin paljon, että se mahdollisti viemäreiden ylitulvimisen kiinteistöissä, joissa viemäreiden venttiilit eivät sitä estäneet. Näiden kiinteistöjen lattioilla oli enimmillään ilmeisesti noin 40 cm:n vesipatja.

Rankkasateissa ja tulvissa jokien, purojen ja jopa pienten ojien tulviessa vesi nousi paikoin varsin korkealle ja laajoille alueille aiheuttaen pintavesitulvia monin paikoin Vantaalla. Monin paikoin tulviva pintavesi virtasi tai valui kiinteistöille niitä sivuavilta kaduilta, kiinteistöiltä, puistoalueilta tai muilta vierusalueilta. Kiinteistöjen pihoilta vedet pääsivät monissa tapauksissa rakennusten kellareihin, pohjakerrokseen tai autotalleihin.

Kaiken kaikkiaan vesistö-, viemäri- ja pintavesitulvat aiheuttivat vahinkoja asuin-, palvelu- ja vapaa-ajan rakennuksille sekä erilaisille varasto- ja pienrakennuksille. Lisäksi rankkasateiden runsas vesimäärä aiheutti ongelmia ja vahinkoja rakennuksille.

Rakennusten lisäksi tulvat aiheuttivat vahinkoja kiinteistöjen maa-alueille. Yleisiä vahinkoja olivat mm. piharakenteiden ja pinnoitteiden sortumiset tai niiden rakennusainesten kulkeutumisesta sekä viemärikaivojen täyttymiset veden mukana huuhtoutuvasta maa-aineksesta.

Tulvavesivahingoista kärsineiden rakennusten ja rakennelmien määrät kesän 2004 tulvassa

Tulvat, tulvivat pintavedet ja rankkasateiden vedet vuoden 2004 heinä-elokuun vaihteessa aiheuttivat runsaasti vahinkoja mm. asuinrakennuksille Vantaalla. Vantaan kaupungin maataloussihteeri vastasi Vantaan (ja myös Helsingin) osalta niiden poikkeuksellisten tulvien aiheuttamien vahinkojen korvaamisesta säädetyn lain (284/1983) mukaiseen selvitys-, tarkastus- ja arviointiprosessiin kuuluvien tulvavahinkotarkastusten tekemisestä, jotka pitää tehdä kunnissa tulvavahinkojen korvausperusteiden selvittämiseksi.

Maataloussihteerin (Juhola 2007) mukaan rankkasade ja sateen pitkäaikaisuus sekä joki- ja purouomien tulviminen yli äyräiden aiheuttivat paljon vahinkoja erityisesti niille kiinteistöille, joiden sadevesijärjestelmien huolto oli laiminlyöty. Hän vastaanotti elo-syyskuun aikana suunnilleen 450 rankkasateeseen ja tulviin liittyvää yhteydenottoa vantaalaisilta ja helsinkiläisiltä vahingonkäräjiltä. Suurin osa soittajista oli käsittänyt väärin tiedotusvälineissä olleet tiedot valtion tulvavahinkokorvauksien laajuudesta ja kattavuudesta. Heidän kiinteistönsä eivät sijainneet minkään vesistön äärellä, ja näin ollen he eivät voineet olla oikeutettuja valtion tulvavahinkokorvaukseen. Heidän osalta rankkasateen ja tulvan aiheuttamien kiinteistö- ym. vahinkojen korvaukset riippuivat vakuutusten kattavuudesta.

Maataloussihteerin (Juhola 2007) karkean, puhelinkeskusteluihin perustuvan arvion mukaan Vantaalla ja Helsingissä oli yhteensä noin 100 potentiaalista tulvavahinkolainsäädännön mukaista tuenhakijaa. Määräaikaan mennessä korvaushakemuksen jätti 14 vantaalaista ja 51 helsinkiläistä kiinteistö-, asunnon- tai vapaa-ajan-asunnonomistajaa ja muutama muu vahingonkäräjä, joiden omaisuus oli ainakin jonkinasteisesti vahingoittunut tulvissa. Helsingin osalta lähes kaikki korvaushakemukset tulivat Oulunkylän siirtolapuutarha-alueelta.

Vantaan 14 tulvavahinkokorvaushakemuksesta 9 koski rakennusten ja/tai niissä olleen kotitalousirtaimiston sekä rakennelmien vesivahinkoja. Näistä 2 hakemusta koski sellaisia vesivahinkoja, joissa vahinkokohteen lähellä ei ollut lainkaan vesistöä. Muista korvaushakemuksista 3 kohdistui puutarhatilojen viljelykasvivahinkoihin tai pelkkiin irtaimistovahinkoihin. Kahdessa korvaushakemuksessa oli kyse rakennuksia ja teitä uhkaavien tulvavahinkojen estämisestä ja rajoittamisesta, mutta nämä tuenhakijat eivät olleet oikeutettuja tulvavahinkolain mukaiseen tukeen.

Seuraavassa esitetään yhteenveto tiedoista ja arvioista koskien tulvavahinkokohteiden määriä erilaisten tulvavesivahinkojen aiheutumistapojen mukaan ryhmiteltynä:

- Kahdessa (2) asuinrakennuksessa vahingot aiheutuivat jätevesiviemäreiden tulvimisesta ja tulvaveden nousemisesta rakennuksiin. Kohteet hyväksyttiin valtion tulvavahinkokorvauksen saajiksi. Keravanjoen tulvan seurauksena myös Viertolassa virtaavan Kylmäojan alaosassa nousi tulva. Tulvavettä pääsi kaupungin jätevesiviemäriverkkoon aiheuttaen jätevesiviemäreiden poikkeuksellisen tulvimisen. Tulvavahinkoarvioiden mukaan molemmissa vahinkokohteissa viemäriinjat täyttyivät alueella tulvan seurauksena ja jätevedet tunkeutuivat WC-pöntön ja lattiakaivon kautta rakennusten alakertoihin ja kellaritiloihin.
- Ainakin yhdessä (1) muussa asuinrakennuksessa vahingot aiheutuivat jätevesiviemäriin tulvimisesta rakennukseen. Kohteen omistaja sai vakuutusyhtiöltä korvauksen rakennus- ja irtaimistovahingoista. Arvion mukaan Vantaalla oli muutamia vastaavia vahinkokohteita, joiden omistajat saivat korvauksen vakuutusyhtiöltä eivätkä siksi anoneet valtion tulvavahinkokorvausta.
- Tulvavesi vaurioitti ainakin yhtä (1) asuinrakennusta ja kahta (2) vapaa-ajanrakennusta. Lisäksi yhdessä (1) kohteessa tulvavesi vahingoitti vain irtaimistoa. Kahdessa (2) kohteessa tulvavesi vaurioitti viljelyalueilla olevia rakennelmia (tuote- tai tarvittavan irtaimiston vahinko).
- Vantaalla oli ehkä jopa useita kymmeniä muita rakennuksia, joissa tulvimisesta aiheutuneita vahinkoja ei voitu pitää tulvavahinkolain tarkoittamina vesistön

poikkeuksellisen tulvimisen aiheuttamina tulvavahinkoina. Vahinkokohteiden suureen määrään viittaa se, että kaupungin maaseutusihteeri sai tulvan jälkeen suuruusluokaltaan ehkä noin 50 (± 20) yhteydenottoa sellaisilta vantaalaisilta vahingonkäräjiltä, joiden kiinteistöt eivät sijainneet minkään vesistön äärellä.

Rankkasateiden yhteydessä pienistä vesiuomista (ojat yms.) tai kaduilta, teiltä, naapurikiinteistöiltä, puistoista yms. alueilta tulviva pintavesi valui kiinteistöjen pihoille ja pihoilta rakennuksiin aiheuttaen vahinkoja rakennuksille ja irtaimistolle. Erityisen vahinkoalttiita olivat ns. rintamamiestalot ja 1950 - 60 - luvuilla rakennetut omakotitalot, joissa yleensä on osittain maanpinnan alapuolella olevia kellaritiloja ja autotalleja. Näihin tiloihin johtaa ajoluiskia ja portaikkoja, joita pitkin tulviva vesi pääsi esteettömästi valumaan rakennusten pohjakerroksiin.

Yllä esitettiin monia arvioita vahinkoja kärsineiden rakennusten määristä ja vahinkotyypeistä. Tämä johtui siitä, että tutkimuksessa ei ollut käytettävissä vakuutusyhtiöiden vahinkotietoja satunnaisia poikkeuksia lukuun ottamatta. Kattavampien vahinkotietojen hankkiminen olisi ollut mahdollista, jos vakuutusyhtiöt olisivat olleet mukana tutkimuksessa, tai jos tutkimuksessa olisi tehty kysely asiasta vantaalaisille kiinteistönomistajille.

Asuin- ja vapaa-ajan rakennusten sekä rakennelmien tulvavahinkojen syyt

Rakennusten ja rakennelmien tulvavahinkojen syiden tarkastelussa noudatettiin edellä tehtyä vahinkokohteiden ryhmittelyä tulvavesivahinkojen aiheutumistavan perusteella. Kuitenkin ryhmät A ja B yhdistettiin, koska tiedossa olevia vahinkotapauksia oli niin vähän. Syiden selvittäminen osoittaa usein samalla, miten vahinkojen tapahtuminen olisi voitu estää tai miten niiden kokoa olisi voitu rajoittaa.

A + B) Asuinrakennukset, joissa tulvavahingot aiheutuivat jätevesiviemäreiden tulvimisesta rakennuksiin ja osin lisäksi tulvaveden nousemisesta rakennuksiin (yhteensä 3 kohdetta)

Tulvavahinkoarvioiden mukaan jätevesiviemäreiden poikkeuksellisen tulvimisen syynä oli se, että Keravanjoen ja Kylmäojan tulviessa vesistöistä pääsi tulvavettä viemäriverkkoon ja alueen viemäriinjat täytyivät ja jätevedet tulvivat asuntoihin.

- Kaikissa kiinteistöissä jätevesi tunkeutui rakennusten viemärijärjestelmien (WC-pöntön ja lattiakaivon) kautta rakennusten alakertoihin tai kellaritiloihin.
- Uudenmaan ympäristökeskus puolsi kiinteistöjen tulvavahinkokorvauksia.
- Kahdessa kiinteistössä viemäriin korkeus oli yli padotuskorkeuden, eli näissä vahingon syynä oli viemäritulva (toisessa tulvavahinkojen syynä oli myös tulvaveden nousu kellaritiloihin).
- Yhdessä kiinteistössä oli viemäroity kiinteistölle määrätyn padotuskorkeuden alapuolisia tiloja.

C) Asuin- ja vapaa-ajan rakennukset (yhteensä 3 kohdetta), joissa vahingot aiheutuivat tulvavedestä

Tulvavahinkoarvioiden mukaan kaikissa kolmessa kohteessa vahinkojen syynä oli se, että runsaiden sateiden takia tulvivien vesistöjen vesi nousi kiinteistöille ja tunkeutui rakennuksiin aiheuttaen niissä vaurioita.

- Uudenmaan ympäristökeskus ei puoltanut yhden kiinteistön tulvavahinkokorvausta, koska Vantaanjoen pääuoman alaosassa tulva ei ollut poikkeuksellisen suuri.

D) Rakennelmat (2 kpl), joissa vahingot aiheutuivat tulvavedestä

Tulvavahinkoarvioiden mukaan rakennelmien vahinkojen syynä oli se, että runsaiden sateiden takia tulvivan Keravanjoen vesi nousi kiinteistöille ja vaurioitti viljelyalueilla olevia rakennelmia.

- Uudenmaan ympäristökeskus puolsi tulvavahinkokorvauksia.

Asuin- ja vapaa-ajan rakennusten sekä rakennelmien tulvavesivahingot Vantaalla

Rakennuksiin ja rakennelmiin kohdistuneiden tulvavahinkojen kuvaamisessa noudatettiin edellä tehtyä vahinkokohteiden ryhmittelyä tulvavesivahinkojen aiheutumistavan perusteella. Ryhmät A ja B on yhdistetty, koska tiedossa olevia vahinkotapauksia oli niin vähän.

A + B) Asuinrakennukset, joissa tulvavahingot aiheutuivat jätevesiviemäreiden tulvimisesta rakennuksiin ja osin lisäksi tulvaveden nousemisesta rakennuksiin (yhteensä 3 kohdetta)

Tulvavahinkoarvioiden mukaan:

- Vain kahteen rakennukseen oli tullut erilaisia vahinkoja. Kiinteistöt kuivattiin ja puhdistettiin, ja niiden vauriot korjattiin.
- Yhdessä rakennuksessa ei todettu syntyneen vahinkoja, vaikka tulvavesi nousi rakennuksen kellaritiloihin. Kellaritilat olivat betonirakenteisia ja niissä ei ollut orgaanisia eristeitä. Tämän takia rakenteissa ei ollut tulvavedestä johtuvia purku- tai korjaustarpeita.
- Kahden rakennuksen alapohjat kärsivät eriasteisia vahinkoja kaikissa kiinteistöissä. Yhdessä rakennuksessa alapohjaa piti osin purkaa ja rakentaa uusi sekä uusia alakerran lattiapinnoite. Toisessa rakennuksessa riitti lattiapinnoitteen uusiminen.
- Seinärakenteita piti korjata kahdessa rakennuksessa. Yhdessä niistä osa alakerran ulko-, sisä- ja väliseinärakenteista piti kokonaan purkaa ja uusia, ja lisäksi osa seinistä piti pinnoittaa uudelleen. Toisessa rakennuksessa riitti joidenkin sisä- ja väliseinärakenteiden uusiminen ja osan uudelleenpinnoittaminen.
- Yhdessä rakennuksessa korjattiin myös alakerran saunaosastoa.
- Yhdessä rakennuksessa alakerran katon pintarakenteena ollut ruiskutasoite poistettiin ja uusittiin.
- Sähköasennuksia piti uusia kahdessa kiinteistössä.
- Alakerta desinfioitiin kahdessa rakennuksessa.
- Kahdessa rakennuksessa kuivattiin rakenteet koneellisesti.
- Jätevesiviemäritulvan tuomia viemärijätteitä piti siivota ja poistaa kolmessa rakennuksessa. Kiinteistöjen siivoaminen likaveden ja lietteen jäljiltä oli vaativaa ja työlästä.
- Lisäksi rakennuksissa uusittiin ovia ja tehtiin muita pienempiä korjaustöitä.

Kaupungin terveystarkastajien lausunnon mukaan

- Kahdessa rakennuksessa jätevesiviemäreiden tulvimisesta syntyneitä vaurioita voitiin pitää lain tarkoittamina terveyshaittoina.

- Alakertojen asumistilat olivat käyttökiellossa siihen saakka kunnes ne oli kuivatettu kokonaan, puhdistettu ja niiden vauriot oli korjattu.
- Yläkertojen asumistilojen käyttömahdollisuus riippui asukkaiden kokemasta oireilusta. Yläkertojakaan ei pitänyt käyttää jos oireita ilmeni.
- Ainakin toisen asunnon haltija perheineen joutui muuttamaan väliaikaisasuntoon määräajaksi.

C) Asuin- ja vapaa-ajan rakennukset (yhteensä 3 kohdetta), joissa vahingot aiheutuivat tulvavedestä

Tulvavahinkoarvioiden mukaan kaikkiin rakennuksiin oli tullut erilaisia vahinkoja. Kiinteistöt kuivattiin, puhdistettiin ja korjattiin.

- Rakennusten alapohjat kärsivät eriasteisia vahinkoja kaikissa kiinteistöissä. Kaikissa rakennuksissa alapohjaa piti purkaa ainakin osaksi ja rakentaa uusi alapohja sekä uusia lattiapinnoitteet.
- Ulko- ja sisäseinien alaosien rakenteita eristeineen piti purkaa ja uusia kaikissa rakennuksissa. Lisäksi kahdessa rakennuksessa piti purkaa ja uusia väliseiniä.
- Kahdessa rakennuksessa piti purkaa ja uusia pesutiloja.
- Sähköasennuksia piti uusia yhdessä kiinteistössä.
- Yksi rakennus piti kuivata koneellisella kuivauksella (kesto n. 45 vrk).
- Lisäksi rakennuksissa tehtiin muita pienempiä korjaustöitä.

Kaupungin omistamien rakennusten tulvavesivahinkotapauksia kesällä 2004

Vantaan kaupungin vastuulla olleissa rakennuksissa oli melko paljon kosteusongelmia vuonna 2004. Vantaan Tilakeskuksen mukaan useissa pienehköissä vuoden 2004 perusparannusohjelman kohteissa todettiin kosteusongelmia (Vantaan Kaupunginhallitus 2004c). Kosteusongelmat olivat voineet johtua joko veden pääsystä rakenteisiin rakennusten käytön aikana tai vesivuodoista perusparantamisen aikana (työn alla oleviin kohteisiin oli päässyt vettä joko suoraan sateesta tai pintavettä oli valunut rakenteisiin). Niistä suuri osa liittyi heinäkuun lopun rankkasateisiin ja niiden synnyttämiin pintavesitulviin.

Vaskivuoren lukion/Myyrmäen yläasteen koulurakennuksessa oli käynnissä tilojen kunnostus kesällä 2004. Vantaan Tilakeskuksen mukaan kohteessa oli tapahtunut vesivuotoja vesikatolta ja ikkunoista (?) heinäkuun lopun rankkasateissa, ja vettä oli tullut pääasiassa kahteen luokkaan. Vesivahingon kärsineistä tiloista oli tehty kartoitus ja kuivatukset sekä tarpeelliset korjaustoimenpiteet. Tilat kunnostettiin siihen kuntoon, että niitä voitiin käyttää turvallisesti koko koulurakennuksen perusparannukseen asti, joka oli tarkoitus käynnistää vuonna 2006 (Vantaan Kaupunginhallitus 2004b).

Korsossa tulvavesi rikkoi Ankkarokin pitopaikan rakenteita (Vantaan kaupunki 2004b).

Vahingoittumisvaarassa olevien rakennusten määriä vuoden 1966 tulvaa vastaavalla tulvalla

Vantaalla todennäköisesti merkittävin vahinkokohde vuotta 1966 vastaavalla suurtulvalla olisi nykyisin Riipilän kylässä sijaitseva Pirttirannan loma-asunto-alue. Vantaan yleiskaavassa Pirttiranta oli merkitty loma-asuntoalueeksi. Kuitenkin Pirttirannassa asui ympärivuotisesti yli 40 taloutta. Alue oli jaettu 58 tonttiin. Tonttien keskimääräinen koko oli 650 m² ja rakennusoikeus 100 m². Pirttirannan tulvavahinkojen estämiseksi oli tehty yleissuunnitelma. Suunnitelmissa oli rakentaa alueelle tulvasuojaus Vantaanjokea vasten. Kaupungin toimesta alueen rajalle suunniteltiin rakennettavaksi vesi- ja viemäriverkosto, jonka oli määrä valmistua vuonna 2008. Pirttiranta Oy:n tavoitteena oli liittää alue tähän verkostoon.

Vantaanjoen varrella Luhtaanmäenjoen haaran alapuolella sijaitsevalla Tapolan alueella oli toistakymmentä rakennusta, joille aiheutuisi vuoden 1966 kokoisella suurtulvalla vahinkoa. Rakennukset olivat talousrakennuksia tai kasvihuoneita. (Suhonen ja Rantakokko 2006)

Seutulassa sijaitsevalla loma-asuntoalueella oli 16 rakennusta, jotka vuoden 1966 kokoisella tulvalla kärsisivät vahinkoa (vedenkorkeuden noustessa yli tason N43 + 27,5 m). Alueen rakennuskanta koostui pienehköistä mökeistä ja talousrakennuksista. Tuusulanjoen haaran eteläpuolella sijaitsevalla Lapinniityn ryhmäpuutarha-alueella alkaa syntyä vahinkoa Vantaanjoen noustessa yli tason N43 + 28,0 m. (Suhonen ja Rantakokko 2006)

Vantaankosken alapuolella vanhassa viilatehtaassa sijaitseva ravintola oli kesätulvalla 2004 vähällä kastua. Viilatehtaan sokkelikorkeus oli ylävirran puolella N43 + 20,15 m ja alimmillaan N43 + 19,66 m. (Suhonen ja Rantakokko 2006)

Luhtaanmäenjoella Luhtajoen haaran alapuolella Vantaalla sijaitsevalla Luhtaanmäenjoen asuinalueella oli useita rakennuksia tulvavaara-alueella. Kesällä 2004 oli vedenkorkeus asuinalueen kohdalla korkeimmillaan noin N60 + 29,6 m (N43 + 29,5 m). Korkeuden N43 + 30,0 m alapuolella sijaitsi yksi asuin- ja yksi talousrakennus. Korkeuden N43 + 30,5 m alapuolella sijaitsi 5 asuin- ja 7 talousrakennusta. Edellä mainitun Luhtaanmäenjoen asuinalueen yläpuolella Luhtajoen ja Luhtaanmäenjoen yhtymäkohdassa vedenkorkeuden arvioitiin olleen tasolla N43 + 29,8 m vuonna 1966. (Suhonen ja Rantakokko 2006)

Keravanjoen varrella sijaitsi 9 rakennusta vuoden 1966 tulva-alueella, ja siten ne mahdollisesti kärsisivät vahinkoja suurtulvalla (Suhonen ja Rantakokko 2006). Kesällä 2004 Keravanjoen vedenpinta Vantaan Tikkurilassa sijaitsevan Vernisatehtaan nurkalla oli tasolla N43 + 12,45 m. Vernisatehtasrakennuksen alin sokkelikorkeus oli N43 + 12,61 m.

Keravanjokeen laskevan Kylmäojan alajuoksulla Viertolassa oli useita potentiaalisia rakennusvahinkokohteita. Isolla tulvalla Keravanjoki padottaa Kylmäojan virtaamaa. Yhden rakennuksen suojaksi asunto-osakeyhtiö oli rakentanut tulvamuurin. Kesätulvalla 2004 tulvavedestä aiheutui vahinkoja kolmelle rakennukselle Viertolassa Kortetiellä.

6.1.2 Rakennusten tulvavahingot Tuusulassa

Merkittävimmät rakennusvahinkokohteet vuonna 2004 sijaitsivat Palojoella Jokelan taajaman pohjoisosassa ja Terrisuontien alapuolella. Haarajoella, Keravanjoen varrella oli tulvariskialueella 3 - 4 vapaa-ajanrakennusta.

6.1.3 Rakennusten tulvavahingot Järvenpäässä

Järvenpäässä ei ollut merkittäviä vesistöistä aiheutuvia tulvaongelmia vuonna 2004.

6.1.4 Rakennusten tulvavahingot Keravalla

Tutkimuksessa selvitettiin vuoden 2004 heinä-elokuun vaihteen rankkasateiden ja tulvien aiheuttamia vahinkoja kiinteistöille ja rakennuksille, verkostoille ja muille rakenteille yhteistyössä Keravan vesi- ja jätehuoltopäällikön kanssa. Hänen kertomien asioiden ja hänen antamien aineistojen pohjalta laadittiin muistio tulvan vaikutuksista Keravalla (Mäntylä ja Saarelainen 2007a). Vesi- ja jätehuoltopäällikkö oli tullut töihin Keravalle vasta vuoden 2004 tulvan jälkeen, mutta hänelle oli kuitenkin muodostunut melko hyvä käsitys tulvan aikaisesta tilanteesta ja tapahtumista kaupungissa.

Vahinkojen laatua, määrää ja niiden aiheuttamia kustannuksia selvitettiin lisäksi keskustelemalla vahinkoja kärsineiden kiinteistöjen omistajien kanssa, Keravan hallintokuntien kokouspöytäkirjoissa esitettyjen tietojen valossa, Keravan kaupungin tutkimusten ja selvitysten perusteella sekä maa- ja metsätalousministeriöltä ja muilta valtion tulvavahinkokorvausjärjestelmän osapuolilta saatujen tulvavahinkotietojen ja -tilastojen avulla. Tutkimuksen käytössä oli Uudenmaan ympäristökeskuksen kannanottoja 13 vahinkokiinteistön osalta ja tulvavahinkotarkastustiedot 12 kiinteistöstä. Näistä osa oli myös Keravan kaupungin selvitysten kohdekiinteistöjä.

Keravan kaupungin vesihuolto- ja rakennustarkastusviranomaiset tekivät pääosin itse ja osin konsultin avulla yksityiskohtaisia selvityksiä 22 tulvavahinkoa kärsineistä kiinteistöistä (Keravan kaupungin vesihuolto 2004). Selvityksiin kuului maastotutkimuksia, tarkastukset ilmoitetuissa vahinkokiinteistöissä ja muuta vahinkojen selvittelyä, jotta saataisiin selville vahinkojen aiheutumistapa (eli mitä kautta vesi oli tullut kiinteistöihin, hulevesi ja/tai jätevesi) sekä vahinkojen syyt. Lisäksi selvitettiin tulvan kohteena olleiden tilojen ja rakenteiden rakennuslupien mukaisuutta. Näistä kiinteistöistä 13 sijaitsi Sompion alueella, 5 sijaitsi Saviolla, kaksi Ahjolla sekä yksi Kalevassa ja yksi Kaskelassa.

Kaupungin selvityksissä ei varsinaisesti kerätty kiinteistönomistajilta tietoja kiinteistöjen kärsimien tulvavahinkojen tai muiden vesivahinkojen luonteesta. Vesi- ja jätehuoltopäällikkö Jarmo Rämön mukaan Keravan kaupunki ei myöskään säilyttänyt niitä kiinteistöjen vahinkotietoja, joita kiinteistönomistajat ilmoittivat selvityksien ja tarkastuksien yhteydessä. Kaupungilla ei ollut myöskään karttoja siitä, mihin tulvavesi levisi Keravanjoella ja sen sivu-uomissa vuoden 2004 tulvassa. Kuitenkin vedenkorkeus viemäreissä tulvan aikana oli tiedossa.

Vahinkotilanteet heinä-elokuussa vuonna 2004

Uudenmaan ympäristökeskuksen mukaan Keravan kaupungin alueella Keravanjoella ja Nissinojalla oli heinä-elokuussa tulvavahinkokorvauslain tarkoittama poikkeuksellinen vesistötulva (Uudenmaan ympäristökeskus 2004a). Vesistön tulviminen aiheutti vahinkoja vesistöuomien varsien rakennuksille, ja lisäksi tulvavettä valui viemäreihin, mikä pahensi osaltaan viemäriverkostojen jo muutenkin vaikeaa tilannetta. Ympäristökeskuksen arvion mukaan Nissinojan ja siihen laskevien ojien vaikutusalueella tapahtunut viemäreiden poikkeuksellinen tulviminen oli voinut aiheutua vesistöstä viemärijärjestelmään päässeestä vedestä (Uudenmaan ympäristökeskus 2004a).

Tulvan suuruus yhtäältä Keravanjoen pääuomassa (toistuvuus 1/22) ja toisaalta sen sivu-uomissa (toistuvuus noin 1/50) selitti hyvin vahinko- ja haittakustannusten suhdetta pääuoman ja sivu-uomien vaikutuspiirien välillä Keravalla. Pääuoman varrella vahinkojen määrä oli vähäinen, mutta sivu-uomien (etenkin Nissinojan/Luhtaniitynojan) vaikutuspiireissä tapahtui varsin paljon vahinkoja.

Tulvivasta vesistöstä ja kaduilla tulvineista vesimassoista pääsi valumaan suuria määriä vettä viemärikaivoista alas viemäriverkostoihin. Paikoitellen veden kokonaisuus viemäreissä ylitti verkoston kapasiteetin, mm. Sompion ja Savion alueilla. Näillä alueilla vettä kertyi viemäreihin enemmän kuin näiden alueiden verkostot pystyivät purkamaan vettä pois alueilta. Siksi veden pinta viemäriverkostossa nousi niin paljon, että se mahdollisti viemäreiden ylitulvimisen kiinteistöissä, joissa viemäreiden venttiilit eivät sitä estäneet. Näiden kiinteistöjen lattioilla oli enimmillään yli metrin vesipatja.

Heinäkuun lopun rankkasateissa sademäärän arvot Keravalla ylittivät suuresti kuivatussuunnittelun ohjeelliset mitoitusarvot. Näin ollen ei ollut yllättävää, että maan pinnalle kertyi vettä niin paljon, että kadut ja muut maa-alueet monissa paikoissa olivat tulvivien sadevesimassojen peitossa. Osissa kaupunkia hulevesiverkosto täyttyi ja tulvi takaisin kaduille. Paikoitellen sade- ja hulevesi kertyi jopa suuriksi virroiksi maan pinnalla (esim. Savion Kannistossa) aiheuttaen vahinkoja eteen sattuville rakennuksille.

Paikoitellen tulviva pintavesi virtasi tai valui kiinteistöille niitä sivuavilta kaduilta, puistoalueilta tai muilta kiinteistöiltä. Kiinteistöjen pihoilta vedet pääsivät monissa tapauksissa rakennusten kellareihin, pohjakerrokseen tai autotalleihin. Enimmillään kaduilta tai viemärikaivoista tullutta vettä oli rakennusten lattioilla jopa yli puoli metriä.

Tulvavesivahingoista kärsineiden asuinrakennusten määrä

Rankkasateet ja tulvat aiheuttivat runsaasti vahinkoja asuinrakennuksissa. Rakennukset olivat pääsääntöisesti kiinteistömuotoisia omakotitaloja (paljon ns. rintamamiestaloja ja myös uudempia omakotitaloja). Vahingoista osa aiheutui (suurempien) vesistöuomien poikkeuksellisesta tulvimisesta, osa veden poikkeuksellisesta tulvimisesta muissa vesiuomissa sekä kaduilla ja teillä ja muilla alueilla, osa jätevesiviemäreiden tulvimisesta, osa hulevesiviemäreiden tulvimisesta ja osa sadeveden valumisesta kiinteistöjen rakenteisiin tai muihin vahinkokohteisiin. Monissa kohteissa vahingot aiheutuivat kahdesta em. tekijästä, jotka synnyttivät

vahinkoja joko yhtä aikaa tai peräkkäin. Joissakin kohteissa vahingot aiheutuivat jopa kolmesta em. tekijän vaikutuksesta.

Keravalla oli arviolta 30 asuinrakennusta, jotka kärsivät erilaisia tulvavesivahinkoja heinä-elokuun taitteessa vuonna 2004. Lukumäärään päädyttiin käytössä olleen materiaalin ja työssä tehtyjen arvioiden perusteella. Seuraavassa on esitetty vahinkokohteiden määrät tulvavesivahinkojen erilaisten aiheutumistapojen mukaan ryhmiteltynä:

- Kahdeksassa (8) kohteessa tulvavahingot aiheutuivat jätevesiviemäreiden tulvimisesta rakennuksiin, ja nämä kohteet hyväksyttiin valtion tulvavahinkokorvauksen saajiksi. Tulvavahinkoarvioiden mukaan kussakin näistä kohteista vahinko aiheutui jäteveden tunkeutumisesta rakennuksen viemärijärjestelmän kautta rakennuksen alakertaan. Keravanjoen tulviessa myös Nissinoja tai muu vesistönsosa tulvi, ja mitä ilmeisimmin sadevettä pääsi kaupungin jätevesiviemäriverkkoon aiheuttaen jätevesiviemäreiden poikkeuksellisen tulvimisen.
- Ainakin seitsemässä (7) muussakin kohteessa tulvavahingot aiheutuivat jätevesiviemäreiden tulvimisesta rakennuksiin. Keravan kaupungin tekemissä selvityksissä ja tarkastuksissa löytyi seitsemän tällaista vahinkokohdetta. Nekin sijaitivat Nissinojan vaikutusalueella. Syystä tai toisesta rakennusten omistajat eivät anoneet valtion tulvavahinkokorvausta.

Nissinojan vaikutusalueella oli paljon vastaavanlaisia pientalokiinteistöjä kuin yllä kuvatut jätevesiviemärien tulvimisesta kärsineet kiinteistöt. Osa niistä sijaitsi aivan ko. vesiuoman tuntumassa. Näin ollen on hyvinkin todennäköistä, että jätevesiviemäreiden tulviminen aiheutti vahinkoja muutamassa muussakin omakotitalossa. Arvion mukaan Keravalla saattoi hyvinkin olla 2 - 3 tällaista piilevää vahinkokohdetta.

- Ainakin kahdeksassa (8) kohteessa rakennusten tulvavesivahingot aiheutuivat tulvavedestä, maan pintaa pitkin virtaavasta sade- ja hulevedestä ja/tai hulevesiverkoston tulvimisesta. Valtion tulvavahinkokorvausprosessissa ja Keravan kaupungin tekemissä selvityksissä ja tarkastuksissa löytyi kahdeksan tällaista vahinkokohdetta

Keravalla oli varmastikin muita samanlaisia vahinkokohteita. Tähän viittasi mm. se, että kaupunki sai tulvan aikana ja heti sen jälkeen 26 kiinteistöä koskevat vahinkoilmoitukset, joista 22 osalta tehtiin myöhemmin yksityiskohtaisemmat selvitykset. Lisäksi yksistään tulvavahinkotarkastusten kertomuksista ilmeni neljä potentiaalista tulvavahinkokohdetta.

Tähän tulvavahinkoryhmään kuuluivat mm. pienten vesiuomien (ojat yms.) tulvimisesta aiheutuneet vahingot, joita ei voitu pitää tulvavahinkolain tarkoituksena vesistön poikkeuksellisen tulvimisen aiheuttamina tulvavahinkoina. Lisäksi Keravan tulvavahinkoalueilla sijaitti paljon 1950-luvulla rakennettuja omakotitaloja. Tuolloin vallinneen rakennustavan mukaisesti taloihin rakennettiin autotalleja ja kellaritiloja osittain maanpinnan alapuolelle. Näihin tiloihin johtavia kulkureittejä (avoimet ajoluiskat ja portaikot) ei yleensä suojattu esim. vallituksin, joten tulvatilanteessa vesi pääsi vapaasti virtaamaan rakennusten pohjakerroksiin.

Kaiken kaikkiaan oli erittäin todennäköistä, että heinä-elokuun tulvan aikana sekä pienten uomien tulvavedet sekä muut tulva- ja hulevedet pääsivät helposti

valumaan erilaisia reittejä pitkin monien rakennusten autotalleihin, alakertoihin ja/tai kellareihin. Arvion mukaan Keravalla lienee ollut 5 - 10 tämän tyyppistä, piilevää vahinkokohdetta.

Yllä esitettyjen arvioiden epämääräisyys erityyppisiä vahinkoja kärsineiden rakennusten määrästä johtui siitä, että tutkimuksessa voitiin hankkia vain osa kiinteistöjen ja rakennusten vahinkotiedoista. Kattavien tietojen hankkiminen olisi todennäköisesti ollut mahdollista, jos vakuutusyhtiöt olisivat olleet mukana tutkimuksessa, tai jos tutkimuksessa olisi tehty koko kunnan kattava kysely asiasta kiinteistönomistajille.

Rakennusten tulvavahinkojen syyt

Rakennusten tulvavahinkojen syiden tarkastelussa noudatettiin edellä tehtyä vahinkokohteiden ryhmittelyä tulvavesivahinkojen aiheutumistavan perusteella. Samalla voitiin arvioida sitä, miten vahinkojen tapahtuminen olisi voitu estää tai miten niitä olisi voitu rajoittaa.

A) Asuinrakennukset, joissa tulvavahingot aiheutuivat jätevesiviemäreiden tulvimisesta rakennuksiin ja jotka hyväksyttiin valtion tulvavahinkokorvauksen saajiksi

Kaikki nämä vahinkokohteet olivat tulvavahinkoarvioiden ja Keravan kaupungin selvitysten ja tarkastusten kohteina.

Tulvavahinkoarvioiden mukaan:

- Seitsemässä kiinteistössä jätevesiviemäreiden poikkeuksellisen tulvimisen syynä oli mitä ilmeisimmin se, että Nissinoja tulvi ja vesistöstä pääsi (paljon) sadevettä kaupungin jätevesiviemäriverkkoon.
- Yhden kiinteistön kohdalla jätevesiviemäriin tulvimisen syyksi todettiin vain yleisesti runsaat sateet. Uudenmaan ympäristökeskuksen arvion perusteella kuitenkin myös tämän rakennuksen osalta syynä oli Nissinojan tulvavesien valuminen viemärijärjestelmään.
- Kaikissa vahinkokiinteistöissä jätevesi tunkeutui rakennusten viemärijärjestelmien kautta rakennusten alakertaan.

Keravan kaupungin selvitys oli yhteneväinen tulvavahinkoarvioiden kanssa. Kaupungin mukaan:

- Kaikissa kahdeksassa rakennuksessa (kiinteistössä) vahingon syynä oli jätevesiviemäriin tulva.
- Vain kahdessa kiinteistössä viemäriin korkeus oli yli padotuskorkeuden, eli näissä (25 %) vahingon syynä oli yksinomaan viemäritulva. Toisessa näistä tulvavahinkojen syynä oli sekä jätevesiviemäriin että hulevesiviemäriin tulviminen.
- Kuudessa kiinteistöistä kahdeksasta (75 %) vahingon ensisijaiseksi syyksi todettiin kuitenkin se, että näissä viemäriin korkeus oli alle kiinteistöille määrätyn padotuskorkeuden (alikorkeus vaihteli 2 - 91 cm välillä).
- Ainakaan kahdessa kiinteistössä viemäritulva ei olisi tapahtunut, jos viemäriin korkeus kiinteistössä olisi ylittänyt padotuskorkeuden (yhdestä kiinteistöistä ei ole tietoa viemäritulvan korkeudesta). Näissä kahdessa kiinteistössä ylin *tulva-korkeus viemäriin jäi alle kiinteistöille määrätyn padotuskorkeuden.*

B) Asuinrakennukset (vähintään 7 kpl), joissa tulvavahingot aiheutuivat jätevesiviemäreiden tulvimisesta rakennuksiin, mutta joiden omistajat eivät saaneet korvausta valtiolta

Kaupungin selvitykset ja tarkastukset kohdistuivat seitsemään tällaiseen vahinkokohteeseen.

Kaupungin selvityksen mukaan:

- Kaikissa seitsemässä rakennuksessa (kiinteistössä) tulvavahingon syynä oli viemäritulva (JVV). Tosin yhden kiinteistön osalta tulvan korkeutta viemäriässä ei ollut selvitetty. Tässäkin kohteessa vahingon oli aiheuttanut jätevesi, joten kyseessä oli viemäritulva.
- Yhdessä kiinteistössä tulvavahinkojen syynä oli sekä jätevesiviemäriin että hulevesiviemäriin tulviminen.
- Vain yhdessä vahinkokiinteistössä seitsemästä (14 %) viemäriin korkeus oli yli padotuskorkeuden, eli tässä kiinteistössä vahingon syynä oli yksinomaan jätevesiviemäriin tulva.
- Kuudessa kiinteistöstä seitsemästä (86 %) vahingon ensisijaiseksi syyksi todettiin kuitenkin se, että näissä viemäriin korkeus oli alle kiinteistöille määrätyn padotuskorkeuden (alikorkeus vaihteli 27 - 81 cm välillä).
- Ainakaan kolmessa kiinteistössä jätevesiviemäriin tulvaa ei olisi tapahtunut, jos viemäriin korkeus kiinteistössä olisi ylittänyt padotuskorkeuden (yhdestä kiinteistöstä ei ole tietoa viemäritulvan korkeudesta). Näissä kolmessa kiinteistössä viemäriin ylin tulvakorkeus jäi alle kiinteistöille määrätyn padotuskorkeuden.
- Käytössä olevien tietojen perusteella ainakin kolmen, mutta todennäköisesti useimpien kiinteistöjen kohdalla vahinkojen syynä olivat, viemäritulvan lisäksi, maan pinnalla tulvivat sadevedet, joita paikoitellen lisäsivät myös viemäreistä purkautuvat hulevedet. Nämä vedet levisivät kiinteistöjen pihoilta ja tunkeutuivat talojen rakenteisiin ja sisälle alakertaan yleensä autotallien tai kellareiden ovien alta.

C) Asuinrakennukset (vähintään 8 kpl), joissa tulvavahingot aiheutuivat tulvavedestä, maan pinnalla virtaavasta sade- ja hulevedestä, hulevesiverkoston tulvimisesta tai em. syiden yhdistelmästä

Valtion tulvavahinkokorvausprosessissa löytyi neljä ja Keravan kaupungin tekemissä selvityksissä ja tarkastuksissa löytyi seitsemän tällaista vahinkokohtetta. Kaksi niistä osui haastattelujen kohteiksi.

Tulvavahinkoarvioiden mukaan:

- Kolmessa kiinteistössä tulvavahinkojen syynä oli se, että runsaiden sateiden takia tulviva vesi (paikoitellen lisäksi viemäreistä purkautuva hulevesi) valui kiinteistöjen pihoilta viereisiltä kaduilta, kiinteistöiltä, puistoista ja/tai ojista.
- Yhdessä kohteessa pihan tulviminen aiheutui kiinteistön perusvesikaivon pumppun rikkoutumisesta.
- Pihoilta vesi tunkeutui rakennusten alakertaan joko ovien alta ja muista raoista tai viemärikaivantojen kautta sisään rakennuksiin.
- Uudenmaan ympäristökeskus ei puoltanut näiden kiinteistöjen tulvavahinkokorvausta, koska kiinteistöjen lähellä ei ollut tulvivaa vesistöä.

Keravan kaupungin selvityksen mukaan:

- Kaikissa rakennuksissa (kiinteistössä) tulvavahingon oli aiheuttanut hulevesi. Vahingon syynä oli useimmiten vika laitteissa (kuten perusvesikaivon pumppuissa), mutta parissa kohteessa syyksi todettiin poikkeukselliset olosuhteet.
- Näissä kiinteistöissä ei ollut kyse viemäritulvista. Kuitenkin on kiinnostavaa tarkastella niidenkin osalta viemäriin korkeuden suhdetta padotuskorkeuteen.
- Vain kahdessa kiinteistössä viemäriin korkeus oli yli padotuskorkeuden. Kolmessa kiinteistössä viemäriin korkeus oli alle määrätyn padotuskorkeuden (alikorkeus vaihteli 59 - 76 cm välillä). Kahdesta kiinteistöstä ei ole tietoa viemäritulvan korkeudesta tai padotuskorkeudesta.

Asuinrakennusten tulvavesivahingot

Rakennuksiin kohdistuneiden tulvavahinkojen kuvaamisessa noudatetaan edellä tehtyä vahinkokohteiden ryhmittelyä tulvavesivahinkojen aiheutumistavan perusteella.

A) Asuinrakennukset, joissa tulvavahingot aiheutuivat jätevesiviemäreiden tulvimisesta rakennuksiin ja jotka hyväksyttiin valtion tulvavahinkokorvauksen saajiksi

Tulvavahinkoarvioiden mukaan:

- Kaikkiin rakennuksiin oli tullut erilaisia vahinkoja. Kiinteistöt kuivattiin, puhdistettiin ja korjattiin.
- Rakennusten alapohjat kärsivät eriasteisia vahinkoja kaikissa kiinteistöissä. Kuudessa rakennuksessa (alapohjaa piti purkaa ainakin osaksi, desinfioida ja rakentaa uusi alapohjan pinnoite. Kiviaineslattiat hiottiin. Yhdessä rakennuksessa riitti lattiamaalin poisto ja uudelleenmaalauksen, ja yhdessä rakennuksessa riitti alapohjan pinnan desinfiointi.
- Seinärakenteita piti korjata seitsemässä rakennuksessa. Kolmessa niistä seinärakenteita piti kokonaan purkaa ja uusia, mutta neljässä rakennuksessa riitti seinäpinnoitteen poisto ja uuden pinnoitteen rakentaminen.
- Saunaosastot sijaitsevat useimmiten omakotitalojen alakerrassa. Niinpä kuudessa rakennuksessa piti tehdä täydellinen remontti pesu- ja löylyhuoneiden osalta (yhdessä vain pesuhuone).
- Öljypoltin jouduttiin uusimaan neljässä kiinteistössä. Lämminvesivaraajia korjattiin kahdessa kiinteistössä.
- Sähköasennukset piti uusia kolmessa kiinteistössä.
- Alakerta desinfioidiin ainakin kuudessa rakennuksessa.
- Seitsemässä rakennuksessa piti kuivata rakenteet koneellisella kuivauksella (kesto 60 vrk).
- Jätevesiviemäritulvan tuomia viemärijätteitä piti siivota ja poistaa ainakin kuudessa rakennuksessa. Kiinteistöjen siivoaminen likaveden ja lietteen jäljiltä oli vaativaa ja työlästä.
- Lisäksi rakennuksissa korjattiin kiinteitä kalusteita, uusittiin ovia, uusittiin laitteiden erityksiä ja tehtiin muita pienempiä korjaustöitä.

Haastattelutiedoissa ei ilmennyt mitään sellaista jota ei olisi jo yllä kerrottu. Niissä tuli usein esille se, että kiinteistöissä aiheutui suuria vahinkoja viemäriveden tulvimisesta teknisiin tiloihin ja kellareihin.

B) Asuinrakennukset (vähintään 7 kpl), joissa tulvavahingot aiheutuivat jätevesiviemäreiden tulvimisesta rakennuksiin, mutta joiden omistajat eivät saaneet korvausta valtiolta

Pääsääntöisesti näiden kiinteistöjen vahingot olivat samanlaisia kuin yllä tarkastelluissa kiinteistöissä (valtion tulvavahinkokorvauksen saajiksi hyväksytyt), koska vahinkojen aiheutumistapa ja pääsyy olivat samat. Kiinteistöjen omistajien haastatteluissa kerrotut tiedot tukevat myös tätä olettamusta.

C) Asuinrakennukset (vähintään 8 kpl), joissa tulvavahingot aiheutuivat tulvavedestä, maan pinnalla virtaavasta sade- ja hulevedestä, hulevesiverkoston tulvimisesta tai em. syiden yhdistelmästä

Käytössä olevien tietojen perusteella on hyvin todennäköistä, että kaikkiin rakennuksiin tuli erilaisia vahinkoja. Kiinteistöt kuivattiin, puhdistettiin ja korjattiin.

- Rakennusten alapohjat kärsivät eriasteisia vahinkoja noin 75 prosentissa kiinteistöissä. Arviolta vähintään joka toisessa rakennuksesta alapohjaa piti purkaa ainakin osaksi ja rakentaa uusi alapohja ja lattiapinnoite. Arviolta 25 prosentissa rakennuksista riitti lattiapinnoitteen korjaus tai uusiminen (esim. mosaiikkiparketti).
- Seinärakenteita piti korjata lähes kaikissa rakennuksissa. Arviolta 70 - 80 % kohteista seinärakenteita piti kokonaan purkaa ja uusia, mutta 20 - 30 % rakennuksista riitti seinäpinnoitteen poisto ja uuden pinnoitteen rakentaminen (ml. perusmuurin sisäpuolisen lämpöeristeen ja verhousten purku ja uusiminen).
- Noin joka toisessa rakennuksessa piti tehdä täydellinen remontti pesutilojen (yleensä myös löylyhuoneen) osalta. Lisäksi arviolta 10 - 20 % rakennuksista piti uusia tai korjata alakerran WC-tilaa. (yhdessä vain pesuhuone).
- Tulvavesi ei juurikaan rikkonut kiinteistöjen suuria laitteita, kuten öljypoltin ja lämminvesivaraaja.
- Sähköasennukset piti uusia arviolta 10 - 20 % kiinteistöistä.
- Arviolta 70 - 80 % rakennuksista piti kuivata rakenteet koneellisella kuivauksella (kesto 60 vrk).
- Lisäksi rakennuksissa korjattiin kiinteitä kalusteita, uusittiin ovia, uusittiin laitteiden erityksiä ja tehtiin muita pienempiä korjaustöitä.
- Yleisesti ottaen sadevedestä koostuvan tulva- ja huleveden aiheuttamat vahingot olivat pienemmät kuin jäteviemäreistä tulvineen likaveden ja lietteen sekoituksen aiheuttamat vahingot.

6.1.5 Rakennusvahingot Helsingissä

Oulunkylän siirtolapuutarha-alueella sijaitsi vuonna 2004 yhteensä 203 siirtolapuutarhamökkiä kooltaan 27 - 33 m² (Oulunkylän siirtolapuutarha 2005). Kesällä 2004 vesi nousi 75 mökin pihalle. Vedenkorkeus pihalla oli 10 - 50 cm. Useista mökeistä jouduttiin uusimaan lattiarakenteita piha-alueiden lisäksi. Rakennusten oletetun keskimääräisen lattiapinta-alan 30 m² ja keskimääräisen vahingon 128 €/m² perusteella saadaan kokonaisvahingoiksi noin 400 €/mökki.

Keväällä 1966 koko Oulunkylän siirtolapuutarha-alue oli veden vallassa vuoden 1966 tulvalla. Suurtulvatilanteessa kaikki rakennukset kärsivät vahinkoja. Suhosen (2006) tekemässä karkean tason vahinkoarviossa käytettiin taustaoletusta, jonka mukaan joka toisesta rakennuksesta jouduttiin uusimaan lattiarakenteiden lisäksi myös seinärakenteita.

Savelan asuinalueella Savelantien ja Savelankujan alavimmat katuosuudet jäävät sadeviemäristä purkautuvan jokiveden alle Vantaanjoen vedenkorkeuden noustessa likimäärin korkeuteen $N43 + 8,00$ m (virtaamalla noin $200 \text{ m}^3/\text{s}$), ellei tulvan nousua sadevesiviemäriin kautta estetä.

Jokipolku Vantaanjoen itärannalla 1 - 1,5 km Kehä I:n sillalta ylävirtaan jäi kesällä 2004 veden alle, kun virtaama Oulunkylässä oli suurimmillaan $175 \text{ m}^3/\text{s}$. Tien takana on omakotitaloja.

6.1.6 Rakennusten tulvavahingot Riihimäellä

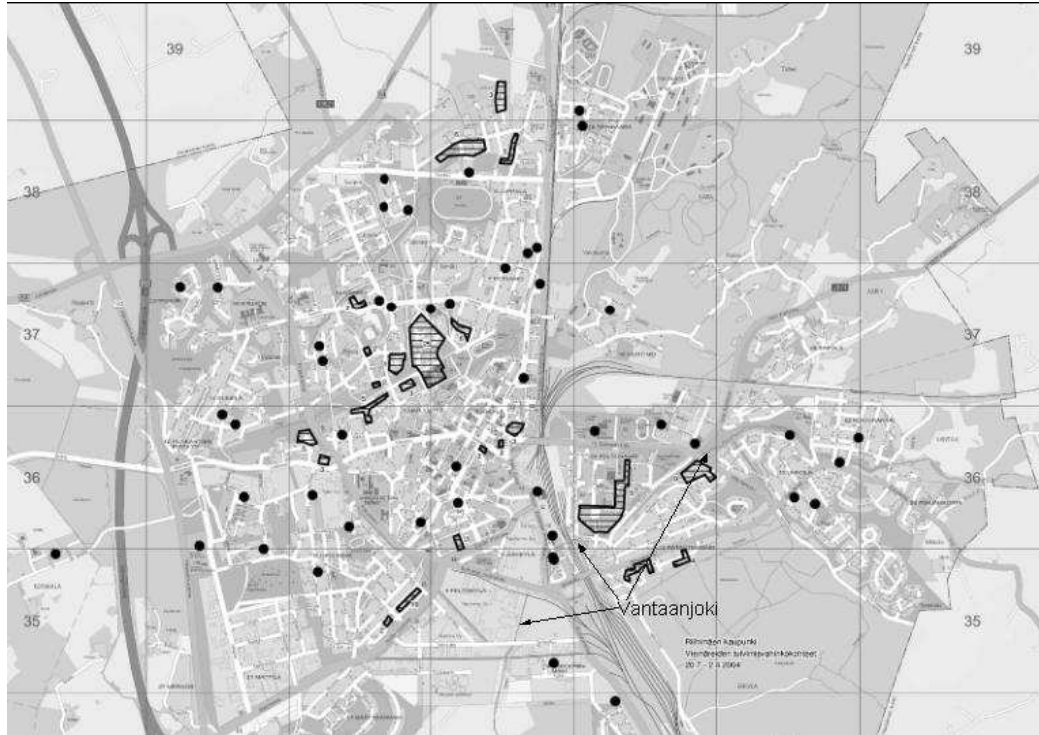
Riihimäki sijaitsee Vantaan- ja Herajokien yhtymäkohdan yläpuolella Vantaanjoen yläjuoksulla. Valtaosa Riihimäen kaupungin alueesta kuuluu Vantaanjoen vesistöalueeseen. Kuitenkin pohjoisin osa kaupungista on Punkajoen vaikutusalueella. Punkajoki laskee Puujokeen ja edelleen Vanajaan, joten Riihimäen pohjoisosa kuuluu Kokemäen vesistöalueeseen.

Vantaanjoen kaltevuus on pieni Riihimäen kaupunkialueella. Jokeen on rakennettu lukuisia siltarumpuja, jotka osaltaan heikentävät uoman virtauskapasiteettia. Kesätulvan 2004 aikana suoritettujen vedenkorkeusmittausten perusteella rummut aiheuttivat padotusta yhteensä useita kymmeniä senttejä. Vantaanjoen tulviessa on paine-ero joen vedenpinnan ja piha- ja katualueiden välillä pieni. Tämä lisää riskiä tulvavahinkojen syntymiselle.

Riihimäellä heinä-elokuun vaihteessa 2004 viisi vuorokautta kestänyt runsas sade aiheutti alueen joissa poikkeuksellisen laajoja tulvia. Vantaan- ja Herajokien pinnat nousivat Riihimäen alueella jopa 2,5 m. Myös Puu- ja Punkajokien vedenpinnat nousivat rankkasateiden johdosta. Vantaan-, Hera- ja Punkajokien lähiympäristössä sijainneet kiinteistöt joutuivat tulvaveden valtaan. Akuutti tulvatilanne kesti kaikkiaan noin viisi päivää (28.7. - 1.8.2004), joskin aika vaihteli hieman alueesta riippuen.

Pääasiallinen ongelma syntyi rankkasateiden aiheuttamasta sekaviemäriverkoston ylikuormituksesta yhdistettynä jokiveden pinnan noususta aiheutuneeseen viemäriverkoston pysähtymiseen ja suunnanmuutokseen. Korkealla ollut Vantaanjoen pinta esti viemäriverkoston purkaantumisen jokeen. Viemäriverkosto alkoi virrata väärään suuntaan, eli takaisin kiinteistöjen pesutiloihin ja kellarikerroksiin. Sekaviemäreiden ylikuormitus ja viemäriverkoston tulviminen nostivat veden yli 50 rakennukseen ympäri Riihimäen kaupunkia, osaksi myös suhteellisen kaukana vesistöistä.

Viemäriverkoston nousu kiinteistöihin aiheutti suuren osan Riihimäen tulvavahingoista. Riihimäen kaupungin vesihuoltolaitos sai 55 kiinteistöltä korvaushakemukset pääasiassa jätevesiviemäreiden tulvimisen aiheuttamista vahingoista. Kuvassa 15 on esitetty viemäritulvien esiintymispaikat Riihimäellä.



Kuva 14. Riihimäen viemäritulvien esiintymisalueet (Riihimäen kaupungin vesihuoltolaitos, cit. Raivio ym. 2005. Copyright Riihimäen kaupunki)

Riihimäen kaupungin vesihuoltolaitos teki kielteiset päätökset kaikkien korvausvaatimusten ja niitä seuranneiden oikaisuvaatimusten osalta. Päätösten perustelut ilmenevät vesihuoltolaitoksen syyskuussa 2004 tekemästä lausunnosta. Lausunnon mukaan viemäritulvien syynä olivat erittäin poikkeukselliset rankkasateet ja joillain alueilla lisäksi niiden aiheuttamat vesistötulvat. Viemäriverkon häiriötila jatkui huolimatta Patastenmäen jätevesipumppaamon lisäpumppeuksista suoraan Vantaaseen. Joki tulvi mainittuun pumppaamoon ja esti osaltaan viemäriverkon toimintaa. Vesihuoltolaitos ei vastaa viemäritulvasta mahdollisesti aiheutuvasta haitasta tai vahingosta, jos kiinteistö viemäroii padotuskorkeuden alapuolisia tiloja. Asiakirjoista voi päätellä, että osakorvausvaatimuksen jättäneistä kiinteistöistä oli padotuskorkeuden yläpuolella, mutta osalla kiinteistöistä oli padotuskorkeuden alapuolella olevia tiloja. (mm. Riihimäen Vesihuoltolaitoksen johtokunta 2004d)

Vesihuoltolaitoksen mukaan niin poikkeuksellisia ja ankaria rankkasateita, mitä Riihimäellä oli heinäkuun 2004 lopussa, voitiin pitää ylivoimaisena tapahtumana niin kiinteistön, asukkaan kuin vesihuoltolaitoksenkin kannalta. Oikeuskäytännössä vastaavissa tapauksissa vesihuoltolaitos oli vapautettu korvausvelvollisuudesta, kun viemäritulvat olivat johtuneet ylivoimaisesta tapahtumasta. Esitettyjen selvitysten perusteella kesän 2004 lopun rankkasateet Riihimäen seudulla oli katsottava erittäin poikkeuksellisiksi ja sellaisiksi, että kohtuudella ei voitu olettaa vesihuoltolaitoksen voineen varautua niihin tai niiden seurauksiin. (Riihimäen Vesihuoltolaitoksen johtokunta 2004d)

Riihimäellä tehtiin tulvavahingoista yhteensä 70 poikkeuksellisten tulvien aiheuttamien vahinkojen korvaamisesta säädetyn lain 284/1983 mukaista korvaushakemusta MMM:lle. Korvaushakemusten kohteista 48 sijaitsi Vantaanjoen läheisyydessä Vantaanjoen vesistö-alueella (Hämeen ympäristökeskus 2004a ja 2004b). Loput 22 korvaushakemusten kohteista sijaitsivat Punkajoen valuma-alueella (Hämeen ympäristökeskus 2004c ja 2004d).

Hämeen ympäristökeskuksen mukaan rankkasateiden johdosta vedenpinnat Vantaan- ja Puujoessa nousivat ja vesi tunkeutui kaupungin viemäriverkoston kautta asuinrakennuksien kellarikerrokseen. Vantaan- ja Puujoella oli kyseessä vesistön harvinainen tulviminen (vastaava tulva toistuu harvemmin kuin kerran 20 vuodessa). Hämeen ympäristökeskuksen mukaan kaikkien korvaushakemusten kohteena olevien, vahinkoja kärsineiden kiinteistöjen osalta kyseessä oli sekaviemäröinnin kapasiteetista ja rakennusteknisistä virheistä johtunut vahinko, mutta vesistön poikkeuksellisella tulvimisella saattoi olla vaikutusta vahinkojen syntymiseen. (Hämeen ympäristökeskus 2004a-d)

Tulvan aikana oli katkoksia sähkön ja lämpimän veden jakelussa. Peltosaarella asuinkerrostalojen sähkönjakelukeskukset oli sijoitettu kellareihin. Tästä syystä kolmesta kerrostalosta katkaistiin sähköt talojen ulkopuolelta. Tämän seurauksena asukkailla ei ollut esimerkiksi ruuanlaittomahdollisuuksia. Taloissa oli myös sähköllä toimiva lämmitys- ja lämminvesijärjestelmä, joskaan kesäaikaan lämmityksen katkeaminen ei tuottanut ongelmia. Lämpimän veden puute hankaloitti jonkun verran asukkaiden elämää.

Kaupunki varautui tulvatilanteeseen tarjoamalla Peltosaaren vahinkoalueen asukkailla ruokailumahdollisuudet Peltosaaren koulussa muodollista korvausta vastaan sekä varautui peseytymismahdollisuuden järjestämiseen. Tilanne saatiin kuitenkin suhteellisen nopeasti hallintaan ja sähköt pystyttiin palauttamaan kerrostaloihin. Ihmisiä ei jouduttu evakuoimaan.

6.2 Tiestön ja liikenteen tulvavahingot

Tulvien aikana tulva-alueilla sijaitsevat tiet ja siltarummut sekä joskus myös sillat jäävät veden alle. Tierakenteiden vettäminen ja veden virtaus voivat heikentää teiden kantavuutta ja aiheuttaa sortumavaaran. Suuri virtaama saattaa myös vaurioittaa siltarakenteita ja aiheuttaa siltojen sortumavaaran.

Valtaosin tekstissä kerrotut tiestön ja liikenteen tulvavahingot tapahtuivat vuoden 2004 kesällä. Jos vahinko tapahtui muulloin niin ajankohta mainitaan tekstissä.

6.2.1 Tiestön ja liikenteen tulvavahingot Keravalla

Vuoden 2004 tulvassa suurin teihin ja liikenteeseen liittyvä vahinko ja haitta aiheutui Luhtaniitynojan tulvimisesta. Varsinaisesti veden kululle tulvan aikana ei ollut suurta estettä ojan alajuoksulla, mutta Keravantiellä sattui olemaan tulvan aikana tien- rakennustyömaa. Rakennustyömaan toimien seurauksena jokin rakennelma on romahtanut ja padonnut Luhtaniitynojaa. Vesi nousi Keravantielle Saviontien kohdalla olevan alikäytävän kohdalla, ja tie oli sen takia suljettuna pari päivää. Tarvitut kiertotiet järjestyivät nopeasti.

Tienpitäjälle aiheutui työtä ja toimenpiteitä mm. tilanteen hallinnasta, liikenteen ohjaamisesta, kiertoteiden järjestämisestä ja valvonnasta sekä tulvan alla olleen tieosuuden puhdistamisesta ja kunnostamisesta. Voitiin arvioida, että näihin toimiin yhteensä kului noin yksi henkilötyökuukausi.

Liikenne jouduttiin ohjaamaan kiertotielle. Sen seurauksena tien käyttäjille syntyi ylimääräistä ajomatkaa. Lisäksi tien käyttäjille koitui aikamenetyksiä kiertoteiden ajamisesta pienellä nopeudella ja jonottamisesta liikenneuhkissa, joita syntyi

poikkeusjärjestelyjen takia varsinkin aamulla ja iltapäivällä. Normaali sallittu ajonopeus Keravantiellä oli 60 - 80 km/h tulvapaikan molemmin puolin.

Tiehallinnon liikennemääräkartan (Tiehallinto 2007) mukaan tulvapaikan kohdalla Keravantien keskimääräinen ajoneuvoliikenne oli 8156 ajoneuvoa vuorokaudessa. Liikenneverkon perusteella voitiin arvioida, että kiertoteistä aiheutui ylimääräistä ajomatkaa noin 3 km per ajoneuvo. Ylimääräinen ajomatka ajettiin arviolta 25 km/h nopeudella. Arviolta 65 % liikenteestä tapahtui aamu- ja iltapäiväruuhiin aikana. Ruuhkasta aiheutunut aikamenetys oli arviolta noin 5 min per ajoneuvo.

Yllä kuvattu veden tulviminen Keravantielle johti jälkiselvittelyihin siitä, kenen syy tapahtuma oli, ja kenen vastuulla liikenneväylälle kohdistuneiden vahinkojen korvaaminen oli. Lopulta kuitenkin tehtiin päätös, että ei voitu näyttää toteen vahinkojen johtuneen tienrakennustyömaan virheestä. Urakoitsija ja Keravan kaupunki maksoivat omat korjaustoimenpiteensä.

Vesistötulvan aiheuttamista muista tievahingoista Keravalla on liikkeellä ristiriitaisia tietoja. Ilmeisesti Keravalla kuitenkin oli muutama pienempi Nissinojan tulvan aiheuttama tievaurio Sompion alueella. Vantaan kaupungin tieongelmista hankittujen tietojen avulla voitiin karkeasti arvioida, että tällaiset pienet tievauriot saatiin korjattua nopeasti, ja että niiden aiheuttama haitta liikenteelle jäi suhteellisen pieneksi.

6.2.2 Tiestön ja liikenteen tulvavahingot Vantaalla

Vantaan suurimmat tulva-alueet olivat Vantaanjoella Kehä III:n ja Riipilän kylän välisellä jokiosalla. Ylempi tulva-alue ulottui Riipilästä Tapolaan ja alempi muodostui Tuusulanjoen haaran kohdalle. Tulva-alueilla syntyi helposti vahinkoja monilla tieosuuksilla.

Vantaanjoen varrella Seutulän alueella vesi nousi Ahoniityntielle (vettä oli tien päällä noin 50 cm), Peräjängentielle ja Solbackantielle. Solbackantien sillan molemmin puolin vettä oli tiellä yli metri. Vesi nousi teille Myllymäen vedenkorkeuden ollessa noin tasolla NN + 24,90 m.

Luhtaanmäenjoen haaran kohdalla vesi oli vähällä nousta Hämeenlinnanväylälle. Vesi oli tien pientareella tasolla N60 + 28,93 m. Virtaama oli Myllymäen havaintoasemalla Vantaankoskella suurimmillaan 119 m³/s ja vedenkorkeus NN + 25,63 m.

Keravanjoella Tikkurilantien pääradan ali menevä tunneli jouduttiin sulkemaan, kun jokivesi nousi sadevesiviemärin kautta tunneliin.

Ylempänä Keravanjoen varrella Jokiniemessä Ohratie oli poikki Vainiontien risteyksen kohdalla. Virtaama oli Hanalan ahavaintoasemalla suurimmillaan 48 m³/s ja vedenkorkeus N43 + 23,87 m.

Lisäksi vesi tulvi kaduille ja alikulkutunneleihin, kun sadevesiviemäreiden kapasiteetti ylittyi.

Tiestön ja liikenteen kärsimiä tulvavahinkoja on kuvattu laajemmin luvussa 7.4.2 siinä yhteydessä, jossa tarkastellaan tiestön ja liikenteen tulvavahinkokustannuksia.

6.2.3 Tiestön ja liikenteen tulvavahingot muissa kunnissa

Riihimäki

Riihimäellä oli useita tulvavahinkoja tiestössä. Suurin osa vahingoittuneista teistä oli sorateitä tai kevyen liikenteen väyliä. Varsinaisesti katuja katkesi ainoastaan muutamassa kohdassa, joissa rumpujen kapasiteetti oli riittämätön. (Raivio 2005).

Tiestöön ja katurakenteisiin kohdistuvia vahinkoja aiheutui, lähinnä sateesta, etenkin mäkisillä sorakaduilla. Huuhtoutuva sora tukki ojia, mikä aiheutti pintavirtauksia ja lisäsi huuhtoutumista. (Raivio 2005)

Useissa paikoissa pyrittiin estämään vahinkoja tiestölle rumpujen ohipumppauksella (Raivio 2005).

Myöhemmin on ilmennyt, että tulvan vaikutuksesta erinäiset tierummut olivat rakoilleet ja katupäällysteisiin oli ilmestynyt tavallista huomattavasti enemmän reikiä (Raivio 2005).

Hyvinkää

Ridasjärven yläpuolella Aulinjoen ylittävä Kylä-Katilantie sortui tulvavesien vaikutuksesta.

Vantaanjoella Hyvinkään taajaman kohdalla vesi nousi Hyyppäräntielle joen ylittävän sillan länsipuolella.

Kytäjoella tulvavesi nousi Kytäjätien tasolle tien alavimmalla kohdalla noin 3 km Hämeenlinnan väylän liittymästä ja ajoyhteys tien pohjoispuolella sijaitseville kiinteistöille katkesi. Myös ajoyhteys Kytäjäntieltä Neitsytsaarelle oli poikki.

Keihäsjoen varrella tulvavesi nousi Livinkyläntielle Palkkisillantien länsipuolella ja katkaisi sekä Livinkyläntien että Suopellontien Lauttasuon pohjoispuolella.

Nurmijärvi

Vesi virtasi Kyläjoen pengerrysalueelle ja alueella kulkeva Kyläjoentie jäi veden alle.

Klaukkalassa Luhtajoen varrella on muutamia siltoja, joiden yli vesi isommilla tulvilla saattaa virrata.

- Kirkkotien sillalla vedenkorkeus oli arviolta N60 + 32,3 m vuoden 2004 tulvassa (sillan kannen korkeus on N60 + 33,25 m),
- Rusakontien sillalla vedenkorkeus oli arviolta N60 + 32,60 m vuoden 2004 tulvassa (kannen korkeus on N60 + 32,92 m),
- Tulvatien sillalla vedenkorkeus oli arviolta kannen tasolla vuoden 2004 tulvassa (kannen korkeus on N60 + 33,18 m).

Tuusula

Palojoen ylittävä Terrisuontie ja Tuusulanjoen yli kulkeva Jokitie jäivät veden alle.

Palojoella Jokelan pohjoispuolella myös Virtalantie saattoi suurella tulvalla olla uhattuna.

Järvenpää

Haarajoen padon silta suljettiin liikenteeltä kesätulvalla 2004 padon alapuolisen eroosiolaatan rikkoutuessa. Silta avattiin tulvan jälkeen liikenteelle ja sen peruskorjausta alettiin suunnitella.

Helsinki

Noin 1 - 1,5 km Kehä I:n sillalta ylävirtaan Vantaanjoen itärannalla kulkeva Joki-polku jäi veden alle, kun virtaama Oulunkylän havaintopisteessä oli suurimmillaan 175 m³/s.

Vantaanjoki tulvi kevyen liikenteen väylille Kuninkaankartanonsaaren sillan alla sekä Lahden moottoritien alikulkutunnelissa keskimääräisellä kevättulvalla (virtaama Oulunkylässä 133 m³/s).

Savelan asuinalueella Savelantien ja Savelankujan alavimpien katuosuuksien arvioitiin jäävän sadeviemäristä purkautuvan jokiveden alle vedenkorkeuden ollessa Savelan jokirannassa likimäärin N43 + 8,00 m, ellei tulvan nousua sadeviemäriin kautta ole estetty.

Vantaanjoki tulvi melko laajasti Oulunkylän siirtolapuutarhan alueelle. Vesi nousi alueelle Oulunkylän havaintoaseman vedenkorkeuden ollessa noin N60 + 7,60 m.

Vantaanjoen virtaaman ollessa 200 m³/s Oulunkylän havaintopisteessä haittasi tulvavesi paikoitellen koko jokivarren kevyen liikenteen väylien käyttöä Vanha-kaupungista Keravanjoen haaraan asti.

Keväällä 1966 Vantaanjoen virtaama oli suurimmillaan 317 m³/s, ja silloin Vantaanjoki tulvi laajalti Savelan asuinalueen kaduille sekä koko Oulunkylän siirtolapuutarhan alueelle. Tiestöön kohdistuneiden vahinkojen on täytynyt olla varsin suuret.

6.3 Muun infrastruktuurin tulvavahingot

6.3.1 Talousveden laadun huonontuminen Riihimäellä vuonna 2004

Vuoden 2004 kesätulva aiheutti Riihimäellä talousveden laadun merkittävää heikkenemistä (talousveden pilaantuminen). Ongelmasta aiheutui suuria haittoja ja vahinkoja, ja sen hoitamiseksi tarvittiin paljon erilaisia toimenpiteitä. Seuraavassa kuvataan vahinkoja, haittoja ja tarvittuja toimenpiteitä tapaukseen liittyen. Niistä aiheutuneita kustannuksia tarkastellaan myöhemmin luvussa 7.5.1

Vantaanjoen vesistön tulviessa Riihimäen Herajoen vedenottamon pohjavesi pilaantui tulvaveden noustessa vedenottamon kaivoihin kesällä 2004. Vedenottamon vesinäytteessä havaittiin 29.7.2004 runsaasti mm. koliformisia bakteereja. Vedenottamo sijaitsi Herajoen vieressä ja vain 700 m päässä Vantaanjoesta. Pilaantumisen aiheutti luultavimmin pelloilta valunut sadevesi, joka pääsi kosketuksiin pohjaveden kanssa vedenottamon lähellä sijainneen vanhan kaivon kautta.

Vesijohtoveden desinfiointi kloorilla aloitettiin heti kun pilaantuminen oli havaittu. Vettä kloorattiin 22.12.2004 asti, eli noin 4,5 kk. Mikrobiologiselta laadultaan Herajoen pohjavesikaivojen vedenlaatu palasi hyvänlaatuiseksi vasta kolme kuukautta tulvan jälkeen.

Terveyskeskuksen ympäristöterveysosasto antoi 3.8.2004 talousveden keittokehotuksen osalle Vesihuoltolaitoksen jakeluverkkoa pohjaveden pilaantumisen takia. Vesihuoltolaitoksen mukaan keittokehotuksen piirissä oli noin 66 % laitoksen koko vedenmyynnistä (Riihimäen Vesihuoltolaitoksen johtokunta 2004b). Kuitenkin keittokehotusalueen laajuudesta vallitsi suurta epä tietoisuutta käyttäjäkunnassa. Siksi voidaan olettaa, että noin 80 % Vesihuoltolaitoksen asiakkaista koki tarpeelliseksi noudattaa keittokehotusta, vaikkapa vain varmuuden vuoksi.

Talousveden keittokehotus kesti 1.9.2004 asti eli 30 vrk. Vesijohtoveden laatu palasi hyväksi vasta noin kolme kuukautta tulvan jälkeen. Siksi voidaan olettaa, että suuressa osassa kulutuspaikoista talousvesi ostettiin tai keitettiin paljon kauemmin kuin 30 vrk.

Talousveden pilaantumiseen liittyy yleensä ja myös Riihimäen tapauksessa todettu riski- ja uhkatilanne, jossa veden pilaantuminen synnyttää terveysongelmia veden käyttäjäkunnassa. Terveysriskin toteutumisen ehkäisemiseksi oli perusteltua ottaa käyttöön varotoimenpiteitä, kuten talousveden keittokehotus, vaikka niistä aiheutuikin kustannuksia yksityisille ihmisille, yrityksille ja julkiselle sektorille. Näiden kustannusten lisäksi määräaikainen vesijohtoveden klooraus aiheutti kustannuksia niille tahoille, jotka olivat tottuneet laadukkaaseen käyttöveteen, ja jotka kokivat klooratun veden juoma- tai käyttökelvottomaksi.

Tapaukseen eri tavoin liittyviä kustannuksia tarkastellaan laajasti liitteessä A.

6.3.2 Muita infrastruktuurin tulvavahinkoja kunnittain

Riihimäki

Vantaanjoen kaltevuus oli pieni Riihimäen kaupunkialueella. Vantaanjokeen oli rakennettu lukuisia siltarumpuja, jotka osaltaan heikensivät uoman virtauskapasiteettia. Kesätulvan 2004 aikana suoritettujen vedenkorkeusmittausten perusteella rummut aiheuttivat padotusta yhteensä useita kymmeniä senttejä.

Vantaanjoen tulviessa oli paine-ero joen vedenpinnan ja piha- ja katualueiden välillä pieni. Tämä lisäsi riskiä tulvavahinkojen syntyemiselle. (Suhonen 2006)

Riihimäen (koko kaupunki) vesihuollolle tulva aiheutti monia ongelmia.

- Viemäriverkoston kapasiteetti oli kovalla sateella laajan sekaviemäröinnin takia koetuksella.

- Jätevedenpuhdistamon toiminta häiriintyi, kun puhdistettujen jätevesien purkuputken ja Vantaanjoen välinen paine-ero pieneni.
- rankkasateet täyttivät viemäriverkoston, sadevesiviemärien toiminta heikkeni ja Vantaanjoen pinnan nousun myötä vesi alkoi virrata väärään suuntaan.
- viemärit tulvivat useassa kymmenessä paikassa ympäri kaupunkia.

Peltosaaren kaupunginosassa suurin osa ongelmista aiheutui viemäriverkoston rajoitetun kapasiteetin ja Vantaanjoen pinnan nousun yhteisvaikutuksesta.

- Viemäriverkoston tulviminen nosti veden kellareihin, kun korkealla ollut Vantaanjoen pinta esti viemärivereden purkaantumisen jokeen.
- tulvan aikana oli katkoksia sähkön ja lämpimän veden jakelussa usealle kiinteistölle.

Herajoen vedenottamo sijaitsi Silmäkenevan pohjoispuolella vain noin 50 m päässä Herajoesta. Vedenottamo oli rakennettu 1950-luvulla Herajoen lähteeseen. Herajoen vedenottamolla tapahtunutta pohjaveden pilaantumista tarkasteltiin edellä luvussa 6.3.1.

Riihimäen, Hyvinkään ja Nurmijärven jätevedenpuhdistamoilta laskettiin yhteensä 25 000 m³ sadeveden laimentamaa jätevettä Vantaanjoen vesistöön tulvan 2004 aikana. Ylivuotojen kautta suoraan vesistöön laskettiin verkostosta noin 320 000 m³ sadeveden laimentamaa jätevettä, josta jätevettä oli arviolta 30 - 40 %. Jos ohituksia ei olisi tehty, olisivat puhdistamoiden aktiivilieteprosessit häiriintyneet kapasiteetin ylittyessä, jonka jälkeen päästöt vesistöön olisivat olleet vielä suurempia.

Tulvavesi nousi kesällä 2004 myös Patastenmäen jätevesipumppaamolle. Pumpaamon ylivuotoputken korkeus oli suunnitelman mukaan N43 + 87,00 m, kun tulvaveden korkeudeksi mitattiin N43 + 88,1 m. Ylivuodossa oli tulvaluukku, mutta se ei tulvatilanteessa toiminut. Luukku on sittemmin kunnostettu.

Hyvinkää

Hyvinkäänkylän vedenottamolla kloorin ja kalkin syöttö ohjeiden mukaan joudutaan lopettamaan, jos Vantaanjoki uhkaa nousta kemikaloinnin sähkökeskukseen (N43 + 79,50 m = N60 + 79,58 m).

Hyvinkäänkylän vedenottamo jouduttiin sulkemaan 31.7.2004, kun tulvavesi uhkasi nousta kuilukaivoon. Vedenottamo otettiin jälleen käyttöön 16.9.2004. Vaikka vesijohtovesi ei pilaantunutkaan, aiheutti vedenottamon sulkeminen kustannuksia ja vedenlaatuongelmia. Putkistosta jouduttiin huuhtelemaan virtaus suunnan muutoksen seurauksena irronnutta sakkaa ja vesinäytteiden ottoa jouduttiin tihentämään vedenlaadun varmistamiseksi.

Maantien nro 11490 sillan alapuolella sijaitsevan Ävikin jätevedenpumppaamon ylivuodon korkeus on N43 + 78,38 m (N60 + 78,46 m). Sillalta mitattiin kesällä 2004 vedenpinnan korkeudeksi N60 + 79,24 m.

Nurmijärvi

Luhtajoessa vesi ylitti kesällä 2004 Kyläjoen pengerrysalueen (kuivatettu Alhonjärvi, noin 30,5 km Luhtajoen suulta ylävirtaan) penkereen ja syövytti siihen aukon. Vedenkorkeuden Luhtajoessa on arvioitu olleen noin N60 + 53,9 m. Kui-

vatussuunnitelman mukaan penkereen harjan korkeus oli N60 + 54,6 - N60 + 55,2 m. Penkereet ovat kuitenkin painuneet myöhemmin.

Vesi nousi Valkjärven luusuassa niin, että jokivettä virtasi säännöstelypadon yli järveen. Padon harjan korkeus oli N60 + 35,60 m (häätä-HW oli N60 + 35,50 m), mutta vedenkorkeus järvessä oli vain N60 + 34,82 m (NN + 34,71 m).

Kesällä 2004 tulvavesi vaurioitti nk. Lepsämänjoen kuivatusalueen penkereitä ja vettä pääsi kuivatusalueelle (Selintien ja Yli-Lepsämäntien risteyksen pohjoispuolella sijaitseva Isoniitty). Kuivatusalueella sijaitsi yksi asuinrakennus ja yksi vapaa-ajanrakennus sekä 240 hehtaaria viljelyalaa. Penkereen harjan korkeus oli suunnitelman mukaan tasolla N60 + 36,30 m. Penkereet ovat kuitenkin painuneet. Tulvavedenkorkeudeksi arvioitiin N60 + 36,1 m Selintien sillalla 200 m pengerrysalueen alapuolella ja N60 + 36,7 m Peltolantien sillalla noin 700 m pengerrysalueen yläpuolella. Penkereen pituus oli 1 800 m.

Vantaa

Vuoden 1966 suuruisella tulvalla vesi nousi Seutulassa sijaitsevan Katriinan jätevedenpumppaamon kannen päälle (kannen korkeus on N43 + 27,60 m eli N60 + 27,67 m). Kesällä 2004 vedenkorkeus Riipiläntien sillalla noin 500 m pumpaamon yläpuolella oli noin N60 + 27,4 m

Tikkurilankosken padon maatumien korkeus oli NN + 16,80 m ja häätä-HW oli NN + 16,80 m (kosken yläpuolella).

Tuusula

Kellokoskella Rajalinnan jätevedenpumppaamoon (purkukorkeus N60 + 42,05 m) pääsi kesällä 2004 tulvavettä ylivuodon kautta.

Keravanjoessa olevan Kellokosken voimalaitospadon häätä-HW oli NN + 50,15 m.

Kerava

Rankkasateet ovat usein aiheuttaneet ongelmia Nissinojalla. Puro alitti pääradan useaan kertaan ja osa rummuista oli tulvatilannetta ajatellen liian pieniä. Keravan kaupunki on tutkituttanut mahdollisuuksia pienentää tulvavahinkoja rumpuja suurentamalla tai tulvauomia rakentamalla. Suurimman padotuksen aiheuttava radan alittava rumpu oli tarkoitus uusida syksyllä 2006 Vuosaaren satamaradan rakentamisen yhteydessä (Suhonen 2006).

Kylätien jätevedenpumppaamo Talmantien eteläpuolelta Keravanjokeen laskevan Parmanojan varrella oli tulvavaara-alueella. Pumppaamolla maanpinnan korkeus oli noin tasolla N60 + 32,1 m. Kesällä 2004 Keravanjoen pinnan on arvioitu olleen Parmanojan haaran kohdalla noin tasolla N60 + 32,8m, mutta vahingot pumppaamolla saatiin estettyä pienten maavallien ansiosta.

Kesällä 2004 syntyi Nissinojalla tulvavahinkoja pääasiassa Keravantien pohjoispuolella. Seuraavassa kuvataan ilmeisesti suurinta tulvavahinkoa Nissinojalla, tukeutuen Keravan teknisen lautakunnan kokouspöytäkirjoissa 14.6.2005 ja 25.10.2005 esitettyihin tietoihin (Keravan tekninen lautakunta 2005a ja 2005b liitteineen).

Nissinojan tulviminen Karhuntassuntien rakennuskohteessa vuonna 2004

Ratahallintokeskus rakennutti Keravan kaupunkirataa, ja työ oli kesken vuoden 2004 tulvan aikana. Karhuntassuntien alikulkutyömaata tehtiin urakkana. Keravalla junaradan alittava tie kulki Karhuntassuntie aallopin kautta. Samassa paikassa Nissinoja valui junaradan ali Karhuntassuntien alla olevassa rummussa. Keravan kaupungin ja Ratahallintokeskuksen neuvottelupöytäkirjassa (Keravan tekninen lautakunta 2005b liite 81) puhuttiin "Kaatopaikantien alikulkusillasta tiejärjestelyineen" tarkoittaen samaa paikkaa.

Aaloppi tarkoittaa yleensä isohkoa (juna)radan alittavaa kulkuväylää. Keravan kaupungin ja Ratahallintokeskuksen neuvottelupöytäkirjassa 14.6.2005 puhuttiin ratasillasta tarkoittaen samaa asiaa kuin pöytäkirjassa 25.10.2005 käytetty sana aaloppi.

Karhuntassuntien aaloppi ja sen alla oleva rumpu oli rakennettu jo 1860-luvulla. Rummun kunnossapidosta ei ollut tehty sopimusta Keravan kaupungin ja valtion kesken. Kaupunki oli sittemmin katutöiden yhteydessä jatkanut rumpua molemmista päistään. Poikkeusoloissa katualue toimi myös tulvareittinä.

Urakoitsija oli purkanut Keravan kaupunkiradan alikulkutyömaalla vanhan Karhuntassuntien aallopin romauttamalla sen rummun päälle. Työmaa-aikataulun mukaan työstä syntyneet purkujätteet olisi pitänyt poistaa työmaalta viimeistään 16.7.2004, mutta sovittua aikataulua ei kuitenkaan noudatettu.

Karhuntassuntien aallopin purkujätteet estivät Nissinojan tulvavesien luonnollisen kulun mm. aikavälillä 28. - 30.7.2004. Siten purkujätteet ja kesän 2004 rankkasateet aiheuttivat lopulta sen, että rautatien itäpuolelle syntyi lampi, jossa vedenpinnan korkeus nousi vähitellen yli viereisen viemäriin padotuskorkeuden. Lammesta tulvavesi pääsi viemäreiden kautta lopulta meriviemäriin.

Yllä kuvatulla tavalla tulvavesi muuttui yht'äkkiä jätevedeksi, josta Keski-Uudenmaan vesiensuojelun kuntayhtymä laskutti Keravan kaupunkia. Jäteveden lisälasku oli vähintään 54 300 €. Lisäksi asian selvittäminen aiheutti Keravan kaupungille henkilöstökustannuksia. Kustannukset ja niiden laskentaperusteet on eritelty luvussa 7.5.3.

Helsinki

Suutarilan pumppaamalla vuoden 2004 tulva aiheutti käyttökatkoksen. Tämä johtui ensisijaisesti pumppaamolle tulevasta vesimäärästä ja ylivuotokynnyksen mitoituksesta. Pumppaamon ylivuodon korkeustaso on N43+10,60 m. Ylivuotokynnyksen purkautumiskyky laski Keravanjoen noustessa ja samanaikaisesti pumppaamolle johdettu jätevesimäärä ylitti pumppaamon kapasiteetin. Jätevettä tulvi pumppaamon lattialle ja edelleen pintavirtauksena Keravanjokeen.

Vedenpuhdistuslaitosten tulvavedenkorkeuden hätärajat olivat Pitkäköskellä N43 + 19,50 m ja Vanhakaupungissa N43 + 8,50 m. Vuoden 1966 kevättulvalla Vantaanjoen ylimmät havaitut vedenkorkeudet olivat **Pitkäköskellä** N43 + 19,20 m ja **Vanhakaupungissa** N43 + 8,17 m.

Helsingistä johdettiin noin 50 000 m³ puhdistamattomia ja 410 000 m³ puhdistettuja jätevesiä suoraan Vanhankaupunginlahteen kesätulvalla 2004. Puhdistamoi-

den ohi lasketut jätevedet olivat kuitenkin sadeveden laimentamia. Jätevettä oli arviolta 30 - 40 %. Jos ohituksia ei olisi tehty, olisivat puhdistamoiden aktiivilieteprosessit häiriintyneet kapasiteetin ylittyessä, jonka jälkeen päästöt vesistöön olisivat olleet vielä suurempia.

7 Tulvavahinkojen kustannukset

7.1 Tulvavahinkojen kokonaiskustannuksia kunnittain

7.1.1 Kerava, kesän 2004 tulvavahinkojen kokonaiskustannukset

Työssä arvioitiin vuoden 2004 heinä-elokuun taitteen tulvan aiheuttamat kustannukset Keravalla asuinrakennusten (kiinteistöjen) osalta, kiinteistönomistajien muiden kustannusten osalta, teiden ja liikenteen osalta sekä kaupungin vesihuollon liiketoiminta-alueen osalta. Kyseessä on kuitenkin vain osa kustannuksista, koska työssä ei ollut käytettävissä vakuutusyhtiöiden hoitamien vahinkotapausten tietoja muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta.

Tutkimuksessa selvinneet ja arvioidut **tulvavahinkokustannukset olivat yhteensä noin 840 000 €** ja ne jakautuivat seuraavasti:

- 1) ***Asuinrakennusten vahinkokustannukset olivat yhteensä vähintään 500 000 €*** (tiedossa olevat 23 vahinkokiinteistöä).
- 2) ***Vahinkokiinteistöjen (rakennusten) omistajien muut kustannukset olivat yhteensä vähintään noin 100 000 €*** (tiedossa olevat 23 vahinkokiinteistöä)
 - Kotitalousirtaimiston vahinkokustannukset olivat yhteensä vähintään 73 000 €.
 - Kotitalouksien muut tulvavahinkokustannukset olivat yhteensä vähintään 23 000 € (tulvavahinkojen estäminen ja rajoittaminen sekä kotitalouksien puhdistus ja siivous).
- 3) ***Teihin ja liikenteeseen liittyvien vahinkojen ja haittojen kokonaiskustannukset olivat yhteensä noin 140 000 €***.
- 4) ***Keravan kaupungin vesihuollolle aiheutui noin 100 000 € kustannukset.***

Keravalla oli vähintään 23 asuinrakennusta (kiinteistöä), jotka kärsivät erilaisia tulvavesivahinkoja heinä-elokuun taitteessa vuonna 2004. Todennäköisesti vahinkokohteita oli enemmän, arviolta suunnilleen 30 asuinrakennusta. Tutkimuksessa ei ollut mahdollista hankkia tietoja vakuutusyhtiöiltä, ja siksi tiedot vahinkokohteista ja -kustannuksista ovat vaillinaiset. Seuraavassa on esitetty työssä selvinneet ja arvioidut vahinkokohteet tulvavahinkojen aiheutumistapojen mukaan ryhmiteltynä:

- Kahdeksassa kohteessa tulvavahingot aiheutuivat jätevesiviemäreiden (JVV) tulvimisesta rakennuksiin, ja nämä kohteet hyväksyttiin valtion tulvavahinkokorvauksen saajiksi.
- Ainakin seitsemässä muussakin kohteessa tulvavahingot aiheutuivat jätevesiviemäreiden (JVV) tulvimisesta rakennuksiin. Keravalla saattoi olla 2 - 3 muutakin tämän tyyppistä vahinkokohdetta.

- Ainakin kahdeksassa kohteessa rakennusten tulvavesivahingot aiheutuivat tulvavedestä, maan pintaa pitkin virtaavasta sade- ja hulevedestä ja/tai hulevesiverkoston (HVV) tulvimisesta. Keravalla lienee ollut 5 - 10 muutakin tämän tyyppistä vahinkokohdetta.

Keravalla Luhtaniitynoja tulvi Keravantielle vuoden 2004 heinä-elokuun tulvassa. Tulvan synnyttämien ylimääräisten ajoneuvokustannusten, aikamenetysten ja toimenpiteiden laskennalliset arvot olivat yhteensä noin 116 000 €, eli keskimäärin noin 6,8 € per ajoneuvo. Keravalla oli ilmeisesti 2 - 3 muuta pientä vahinkopaikkaa lähinnä Sompion alueella. Työssä selvitettyihin vahinkopaikkoihin nojautuen voitiin arvioida, että liikenteen muihin vahinkopaikkoihin Keravalla liittyvät vahinko- ja haittakustannukset olivat yhteensä suunnilleen 20 000 - 30 000 €.

Keravan kaupungin vesihuollolle aiheutui suunnilleen 100 000 € kustannukset heinä-elokuun taitteen tulvista ja rankkasateista. Koko kesän osalta sateiden ja tulvien aiheuttamat kustannukset vesihuollolle olivat suuruusluokaltaan 150 000 euroa. Vesihuollon liiketoiminta-alueen kustannuksia kartoitettiin pääasiassa kaupungin hallintokuntien kokouspöytäkirjoissa esitettyjen talousarvotietojen perusteella. Keravan kaupungille kohdistuneista mahdollisista muista kustannuksista ei saatu tietoja työn aikana.

7.1.2 Vantaa, kesän 2004 tulvavahinkojen kokonaiskustannukset

Työssä arvioitiin vuoden 2004 heinä-elokuun taitteen tulvan aiheuttamat kustannukset Vantaalla asuinrakennusten (kiinteistöjen) osalta, kiinteistönomistajien muiden kustannusten osalta, teiden ja liikenteen osalta sekä kaupungin vesihuollon liiketoiminta-alueen osalta. Kyseessä on kuitenkin vain osa kustannuksista, koska työssä ei ollut käytettävissä vakuutusyhtiöiden hoitamien vahinkotapausten tietoja muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta.

Tutkimuksessa selvinneet ja arvioidut **tulvavahinkokustannukset olivat yhteensä noin 663 000 €** ja ne jakautuivat seuraavasti:

- 1) *Asuinrakennusten vahinkokustannukset olivat yhteensä vähintään 52 000 €* (tiedossa olevat 4 vahinkokiinteistöä).
- 2) *vapaa-ajan rakennusten vahinkokustannukset olivat yhteensä vähintään 3 000 €* (tiedossa olevat 2 vahinkokiinteistöä).
- 3) *Vahinkokiinteistöjen (rakennusten) omistajien muut kustannukset olivat yhteensä vähintään noin 8 000 €* (tiedossa olevat 4 vahinkotapausta)
 - Kotitalousirtaimiston vahinkokustannukset olivat yhteensä vähintään 8 000 €.
 - Kotitalouksien muista tulvavahinkokustannuksista ei ollut tietoja (tulvavahinkojen estäminen ja rajoittaminen sekä kotitalouksien puhdistus ja siivous).
- 4) *Liikenneverkon, liikenteen ja viheralueiden vahinkojen ja haittojen kokonaiskustannukset olivat yhteensä noin 380 000 €*
 - liikenneverkon vahinkokustannukset olivat yhteensä noin 230 000 € (61 %)
 - Liikenneverkon käyttäjien vahinko- ja haittakustannukset olivat yhteensä noin 100 000 €.

- Viheralueiden vahinkokustannukset olivat yhteensä noin 50 000 €.

- 5) **Vantaan kaupungille aiheutuneiden vahinkojen ja toimenpiteiden kokonaiskustannukset olivat yhteensä noin 450 000 €** (joista edellä kohtaan 2 sisältyy 230 000 € liikenneverkon vahinkojen kunnostamisen ja korjaamisen kustannuksina).

Tulvassa jokien, purojen ja jopa pienten ojien vesi nousi kaduille, teille, liikennealueille ja viheralueille aiheuttaen vahinkoja liikenneverkon ja viheralueiden rakenteille, jätevesipumppaamoiden toiminnalle sekä haittoja liikenneverkon ja viheralueiden käyttäjille. Liikenneverkon vahinko- ja haittakohtia oli ainakin 22 (lisäksi pieniä vahinkoja siellä täällä), korjattavia jätevesipumppaamoja oli 7 ja viheralueiden vahinko- ja haittakohtia oli ainakin 15 (lisäksi pieniä vahinkoja siellä täällä).

Arviolaskelmissa liikenneverkon kunnostamisen ja välttämättömien korjausten kustannukset olivat yhteensä noin 230 000 € (61 %). Liikenneverkon käyttäjille, eli autoilijoille, kävelijöille ja pyöräilijöille aiheutuneet haittakustannukset liikenneverkon ongelmista olivat yhteensä noin 98 000 € (26 %). Ne koostuivat kiertoiteiden aiheuttamien ylimääräisten matkakilometrien kustannuksista sekä kiertoiteillä, hidastetuilla ajo-osuuksilla ja jonoissa menetetyn ajan arvosta. Viheralueiden kunnostamisen ja korjaamisen kustannukset olivat yhteensä noin 50 000 € (13 %).

Vantaan kaupungille kohdistui kaikkiaan noin 450 000 € kustannukset tulvan ja rankkasateiden aiheuttamista vahingoista ja toimenpiteistä. Kaupungin kokonaiskustannukset kertyivät seuraavasti: tulviin liittyvien viranomaistoimintojen ylimääräiset työaikakustannukset noin 100 000 €, liikenneverkon vahinkojen kunnostaminen ja korjaaminen noin 230 000 €, viheralueiden kunnostaminen ja korjaaminen noin 50 000 €, pintaveden tulvimisesta aiheutuneet vahingot perusparraniskohteissa ainakin 50 000 € ja tulvan aiheuttama pieni rakennusvahinko 10 000 €. Kustannuksia kartoitettiin selvitysten, arviolaskelmien ja kaupungin kokouspöytäkirjoissa esitettyjen tietojen perusteella.

Vantaan kaupunginhallitus teetti arvion kesätulvan 2004 aiheuttamista kustannuksista kaupungille pikaisesti tulvan jälkeen. Apulaiskaupunginjohtajan esittämän arvion mukaan kaupungille aiheutuvat ylimääräiset kustannukset tulisivat olemaan noin 300 000 € maankäytön ja ympäristön toimen alueella (Vantaan Kaupunginhallitus 2004a). Arvio esitettiin kaupunginhallitukselle jo 16.8.2004. Arviota laadittaessa kaikki tulvan aiheuttamat vahingot ja niistä aiheutuneet kustannuserät eivät välttämättä olleet vielä tiedossa.

7.1.3 Vertailutietona Pori, kesän 2007 tulvavahinkojen kokonaiskustannukset

Porissa oli rankka kaatosade 12.8.2007. Sääutkamittausarvion mukaan kaupungissa satoi alle kolmessa tunnissa vajaa 100 mm. Yksityishenkilöt mittasivat luotettavasti sademääräksi 131 mm ja 120 mm eri paikoissa Porissa. (Ilmatieteen laitos 2007b ja 2007c)

Kaatosade aiheutti erittäin suuret vahingot rakennuksissa, liikenneverkossa ja muussa yhdyskuntarakenteessa. Kokonaisvahinkojen määrä oli todennäköisesti suuruusluokkaa 20 milj. euroa. Porin veden verkostopäällikkö arvioi alustavasti,

että yksistään Porin keskustan kiinteistöt kärsivät rankkasateesta noin 10 milj. euron vahingot (Halminen 2007).

Vesi pääsi kerrostalojen kellareihin kolmella tavalla. Vesi valui pihoilta maanalaisiin tiloihin ovista ja ikkunoista. Vesi myös tunkeutui rakennuksiin kellareiden betonihalkeamien ja putkien läpivientien kohdista. Lisäksi vesi pursui sisätiloihin viemäreiden kautta, koska kunnalliset viemärit eivät pystyneet imemään tarpeeksi vettä. Talojen viemäreissä olisi tarvittu ns. takaisku- eli padotusventtiilejä, jolloin vesi ei olisi päässyt viemäreistä rakennusten kellaritiloihin. (Halminen 2007)

7.1.4 Muita kuntakohtaisia tietoja tulvavahinkojen kokonaiskustannuksista ja vahinkopotentiaaleista

Vantaanjoen vesistön tulva kesällä 2004 aiheutti Helsingissä, Vantaalla ja Riihimäellä kaikkiaan noin 2,7 miljoonan euron välittömät vahingot. Kustannusarvioissa ei ole otettu huomioon kansalaisille aiheutuneita haittoja liikenteen estymisestä, eivätkä liioin välillisiä tai pitkän aikavälin kustannuksia, joita aiheutui pääoman arvon alenemisista, rakenteiden elinkaaren lyhenemisestä sekä korkeammissa rakennusten ja infrastruktuurin ylläpitokustannuksista. (Saarelainen 2006a ja b)

Vantaanjoen vesistöalueen vahinkopotentiaalista on laadittu arvioita Suhosen diplomityössä (2006) sekä Suhosen ja Rantakokon (2006, s. 44 - 57) tutkimuksessa. Jälkimmäisessä kartoitettiin suurimpien jokiuomien (Vantaanjoki, Kytäjoki, Keihäsajoki, Luhtajoki, Lepsämänjoki, Palojoki, Tuusulanjoki ja Keravanjoki) rannoilla sijaitsevia tulvavahinkokohteita. Kartoitus perustui vesistön eri osille määritettyihin tulvavedenkorkeuksiin. Poikkeuksellisen suurena tulvana pidettiin keskimäärin kerran 100 - 200 vuodessa toistuvaa tulvaa.

Arvioitujen tulvakorkeuksien perusteella rajattiin kuntien toimittamista kantakartoista tai peruskartasta mahdollisia tulvariskikohteita. Tarkastelussa otettiin huomioon asuinrakennukset, kesämökit ja teollisuus- tai varastorakennukset, joiden arvioitiin sijoittuvan tulva-alueelle. Karttatarkastelun perusteella määritetyt kohteet tarkistettiin maastokäynnein ja tarvittaessa kenttämittauksin.

Suhosen ja Rantakokon (2006) mukaan Vantaanjoen vesistöalueen suurimmat vahinkopotentiaalit muodostuivat tulvariskialueella sijaitsevista rakennuksista, vesihuollon laitteista sekä viljelyistä peltoalueista. Lisäksi huomattavaa vahinkoa arvioitiin syntyvän teille ja silloille.

Esimerkkinä yhden alueen vahinkopotentiaalianalyysistä tarkasteltiin Nurmijärvellä Lepsämänjoen varrella sijaitsevaa Isoniityn pengerrysaluetta. (nk. Lepsämänjoen pengerrys). Aluetta suojaa tulvilta nk. Lepsämänjoen pengerrys. Alueella sijaitsi yksi asuinrakennus ja yksi vapaa-ajanrakennus sekä 240 ha viljelyalaa.

- Kesällä 2004 tulvavesi vaurioitti penkereitä ja jonkin verran vettä pääsi kuiva-alueelle.
- Uudenmaan ympäristökeskuksen tekemän, vertailutietoihin pohjautuvan arvion mukaan kesän 2004 tulva Lepsämänjoella oli poikkeuksellisen suuri, eli laskennallisesti harvemmin kuin kerran 20 vuodessa toistuva (Uudenmaan ympäristökeskus 2004b).

- Kesän 2004 tulvaa isommilla tulvilla Lepsämänjoessa (harvemmin kuin 1/40 tai 1/50 toistuvat tulvat) vesi saattaa nousta kyseisen Lepsämänjoen tulvapenkereseen yli peittäen viljelyalueen ja vaurioittaen alueen rakennuksia.
- Väänäsen (2005) esittämien rakennusten tulvavahinkojen yksikkökustannustietojen mukaan isoilla tulvilla 100 m² suuruiselle asuinrakennukselle aiheutuva vahinko olisi 17 000 - 32 000 € riippuen siitä, joudutaanko uusimaan pelkästään lattiarakenteita vai myös seinärakenteita. Vastaavasti 50 m² suuruiselle vapaa-ajanrakennukselle aiheutuva vahinko olisi 4 500 - 8 250 €. (Suhonen 2006)

Vantaanjoen vesistöalueen reunakunnissa Espoossa, Vihdissä, Lopella, Hausjärvellä ja Mäntsälässä ei ollut merkittävää tulvavahinkopotentiaalia, koska alueet olivat pääosin harvaan asuttuja. Kyseisistä kunnista ei tullut kesän 2004 tulvaan liittyen yhtään Vantaanjoen vesistöaluetta koskevaa, tulvavahinkolain mukaista vahinkohakemusta.

7.2 Rakennusten vahinkokustannukset kesän 2004 tulvassa

7.2.1 Rakennusten tulvavahinkokustannukset Vantaalla

Rakennuksille jo aivan lyhytaikainenkin tulva voi aiheuttaa suuria vahinkoja (Tulvavahinkotyöryhmä 2006).

Tutkimuksessa selvitettiin vuoden 2004 heinä-elokuun vaihteen rankkasateiden ja tulvien aiheuttamia vahinkoja kiinteistöille ja rakennuksille, verkostoille ja muille rakenteille yhteistyössä Vantaan kaupungin viranhaltijoiden kanssa (Koponen 2005). He myös antoivat tutkimuksen käyttöön erilaisia aineistoja mm. tulvien vaikutuksista ja niihin varautumisesta Vantaalla.

Vahinkojen laatua, määrää ja niiden aiheuttamia kustannuksia selvitettiin lisäksi Vantaan hallintokuntien kokouspöytäkirjoissa esitettyjen tietojen valossa, Vantaan kaupungin tutkimusten ja selvitysten perusteella sekä maa- ja metsätalousministeriöltä ja muilta valtion tulvavahinkokorvausjärjestelmän osapuolilta saatujen tulvavahinkotietojen ja -tilastojen avulla. Tutkimuksen käytössä oli Uudenmaan ympäristökeskuksen kannanottoja 14 vahinkokiinteistön osalta sekä Vantaan kaupungin maaseututoimen tekemien tulvavahinkotarkastusten tietoja näihin kiinteistöihin liittyen.

Vahinko- ja ongelmatilanteet Vantaalla heinä-elokuussa vuonna 2004

Uudenmaan ympäristökeskuksen mukaan Vantaan kaupungin alueella Vantaan- ja Keravanjoella sekä Lepsämänjoen pääuomalla ynnä Kylmä- ja Rekolanojalla oli heinä-elokuussa tulvavahinkokorvauslain tarkoittama poikkeuksellinen vesistötulva (Uudenmaan ympäristökeskus 2004b, 2005 b, 2005c). Vesistön tulviminen aiheutti vahinkoja vesistöuomien varsien rakennuksille, ja lisäksi tulvavettä valui viemäreihin, mikä pahensi osaltaan viemäriverkostojen jo muutenkin vaikeaa tilannetta. Ympäristökeskuksen arvion mukaan Keravanjoen ja siihen laskevan Kylmäojan vaikutusalueella tapahtunut viemäreiden poikkeuksellinen tulviminen oli voinut aiheutua vesistöstä viemärijärjestelmään päässeestä vedestä (Uudenmaan ympäristökeskus 2004b).

Tulvien suuruudet Keravanjoen pääuomassa (1/22) ja Vantaanjoen pääuoman alaosassa (1/7) selittävät hyvin vahinko- ja haittakustannusten suhdetta Keravanjoen ja Vantaanjoen vaikutuspiirien välillä. Vantaanjoen pääuoman vaikutuspiirissä vahinkojen määrä Vantaalla oli melko pieni, mutta Keravanjoen varrella ja vaikutuspiirissä tapahtui enemmän ja paljon vakavampia vahinkoja. Yllä suluissa ilmoitetut tulvien toistuvuusluvut viittaavat tulvien toistuvuuteen koko vuoden virtaamahavaintojen perusteella. Mitä pienempi toistuvuusluku sitä suurempi tulva.

Tulvivasta vesistöstä ja kaduilla tulvineista vesimassoista pääsi valumaan suuria määriä vettä viemärikaivoista alas viemäriverkostoihin. Veden kokonaisuudessaan viemäreissä ylitti verkoston kapasiteetin erityisesti Viertolan alueella Tikkurilassa. Veden pinta viemäriverkostossa nousi niin paljon, että se mahdollisti viemäreiden ylitulvimisen kiinteistöissä, joissa viemäreiden venttiilit eivät sitä estäneet. Näiden kiinteistöjen lattioilla oli enimmillään ilmeisesti noin 40 cm:n vesipatja.

Rankkasateissa ja tulvissa jokien, purojen ja jopa pienten ojien tulviessa vesi nousi paikoin varsin korkealle ja laajoille alueille aiheuttaen pintavesitulvia monin paikoin Vantaalla. Kaiken kaikkiaan vesistö-, viemäri- ja pintavesitulvat aiheuttivat vahinkoja asuin-, palvelu- ja vapaa-ajan rakennuksille sekä erilaisille varasto- ja pienrakennuksille. Lisäksi rankkasateiden runsas vesimäärä aiheutti ongelmia ja vahinkoja rakennuksille.

Tulvavahinkojen tiedossa olevat kustannukset asuin- ja vapaa-ajan rakennusten osalta

Tutkimuksessa laskettiin ja arvioitiin rakennuksiin ja irtaimistoon sekä muihin tuotteisiin ja toimintoihin liittyvät tulvavahinkokustannukset. Irtaimistoon sekä muihin tuotteisiin ja toimintoihin liittyvät tulvavahinkokustannukset esitetään myöhemmissä luvuissa.

Tulvavahinkokustannustiedot antavat vain osittaisen kuvan tulvan taloudellisista vaikutuksista kotitalouksille Vantaalla. Julkiseen tulvavahinkokorvausprosessiin päätyi hyvin vähän vahinkokohteita, ja siten myös tutkimusaineisto jäi ohueksi Vantaan osalta. Tutkimuksessa ei ollut mahdollista hankkia tietoja vakuutusyhtiöiltä. Joitakin vakuutusyhtiöiden maksamia korvauksia tuli kuitenkin ilmi muiden tietojen yhteydessä.

Tiedossa olevien 4 asuinkiinteistön ja 2 vapaa-ajan rakennuksen vahinkotietojen perusteella tutkimuksessa on arvioitu, että kesän 2004 tulvan aiheuttamat

- *asuinrakennusten vahinkokustannukset olivat yhteensä vähintään 52 000 € ja*
- *vapaa-ajan rakennusten vahinkokustannukset olivat yhteensä vähintään 3 000 €*

Koska tiedossa olevien vahinkokohteiden lukumäärä on niin pieni, tarkastellaan Vantaan osalta kaikkia asuinrakennusten vahinkotapauksia yhtenä kokonaisuutena eikä erikseen vahingon aiheutumistavan perusteella. Vain asuinrakennukset ja vapaa-ajan rakennukset on erotettu toisistaan.

A + B + C) Asuinrakennukset (vähintään 4 kpl), joissa tulvavahingot aiheutuivat jätevesiviemäreiden tulvimisesta rakennuksiin ja/tai tulvaveden nousemisesta rakennuksiin

Tulvavahinkoarvioiden mukaan asuinrakennusten vahinkokustannukset yhteensä olivat 52 400 €, ja keskimääräinen rakennuksen vahinkokustannus oli siten 13 100 €.

- Vahinkokustannukset vaihtelivat suuresti kohteiden välillä. Suurin vahinko oli noin 30 000 € ja pienin vahinko oli noin 2000 €.
- Vahinkokustannukset olivat keskimäärin 210 € yhtä vahinkoalan huoneistoneliometriä kohti, ja eri kohteissa ne vaihtelivat 40 - 460 € välillä.
- Ylivertaisesti pienimmät kustannukset olivat rakennuksessa, joissa alakerran (kellarin) lattia ja seinät oli tehty betonista ja tilat eivät sisältäneet orgaanisista aineista tehtyjä eristeitä.
- Kolmen kiinteistön omistajat saivat korvausta valtiolta ja yksi vakuutusyhtiöltä.

C) Vapaa-ajan rakennukset (vähintään 2 kpl), joissa tulvavahingot aiheutuivat tulvavedestä

Tulvavahinkoarvioiden mukaan vapaa-ajan rakennusten vahinkokustannukset yhteensä olivat lähes 3000 €, ja kohteiden vahinkokustannukset olivat keskimäärin noin 1400 €.

- Vahinkokustannukset olivat keskimäärin 80 € yhtä vahinkoalan huoneistoneliometriä kohti, ja eri kohteissa ne vaihtelivat 70 - 90 € välillä.
- Kiinteistöjen omistajat saivat osasta kustannuksista korvausta valtiolta.

Arviot Pirttirannan rakennuskannan vahinkokustannuksista erilaisissa tulvissa

Pirttirannan asuntoalue sijaitsee Vantaanjoen varrella Seutulassa, Riipilän kylässä. Alun perin alueelle rakennettiin kesämökkejä lomailua varten, mutta vähitellen mökkejä on kunnostettu ja ilmeisesti niitä käytetään pysyvämpään asumiseen. Tulvavahinkojen rajoittamiseksi kesällä 2004 Pirttirannan ympärille rakennettiin hätäpatoja. Padoista huolimatta vuoden 2004 tulvatilanteesta otetut valokuvat (Vantaan kaupunki 2004a) osoittavat, että Pirttirannassa vesi nousi ainakin yhden talon perustusten tasalle.

Pirttirannan aluetta ja rakennuksia hallinnoi Pirttiranta Oy, joka teki korvaushakemuksen ranta-alueelle ja tiestölle syntyneistä vahingoista kesän 2004 tulvassa sekä lisävahinkojen estämisen ja rajoittamisen kustannuksista (ml. patorakennelmien purku). Myös Keski-Uudenmaan pelastuslaitos teki korvaushakemuksen alueella tekemistään tulvantorjuntatoimenpiteistä. Molemmat korvaushakemukset kuitenkin hylättiin, koska kumpikaan tuenhakijoista ei ollut tukeen oikeutettuja ja koska Vantaanjoen alaosalla tulva ei ollut poikkeuksellisen suuri koko vuoden virtaamahavaintojen toistuvuusanalyysin perusteella (Uudenmaan ympäristökeskus 2005c).

Pirttirannan asuntoalue on kärsinyt tulvavahingoista aikaisemmin useinkin. Toistuvat tulvavahingot johtuvat siitä, että ainakin suuri osa Pirttirannan rakennuksista sijaitsee liian lähellä Vantaanjokea, ja jo pienehkö tulva nostaa vedenpinnan

rakennusten perustusten tasalle ja ylikin. Rakennuskannan tulvavahingot voivat nousta hyvinkin suuriksi tulvan voimakkuudesta riippuen.

Pirttirannan asuntoalueen tulvavahinkojen estämiseksi on tehty yleissuunnitelma. Suunnitelmassa on esitetty alueen rakennuskannan laskennalliset vahinkoarviot eri vedenkorkeuksilla (taulukko 11). Arvioiden mukaan tämän sinänsä varsin pienikokoisen alueen rakennuskannan vahinkoarviot nousevat helposti yli 0,5 miljoonan euron.

Taulukko 11. Pirttirannan vahinkoarviot Vantaanjoen tulvissa virtaaman ja vedenkorkeuden eri arvoilla (Väänänen 2005).

Tulvan toistuvuus	Virtaama Pirttiranta m ³ /s	Vedenkorkeus Pirttiranta N43 + m	Vahinkoarvio eri tulvave- denkorkeuksilla, €
		28,70	0
HW 1/10	74	29,17	150 000
HW 1/20	84	29,29	365 000
HW 1/50	97	29,43	600 000
HW 1/100	106	29,53	755 000
Kevättulva 1966 ¹⁾	127	29,6	785 000

¹⁾ Arvioitu ilmakuvista, tarkkuus ±0,2 m.

Suunnitelmissa on rakentaa alueelle riittävä tulvasuojaus Vantaanjokea vasten. Kaupungin toimesta alueen rajalle rakennetaan vesi- ja viemäriverkosto, jonka pitäisi valmistua vuonna 2008. Pirttiranta Oy:n tavoitteena on liittää alue tähän verkostoon.

Vantaan kaupungin rakennusten tulvavahinkokustannuksista

Suoranaisesti vuoden 2004 tulvan seurauksena syntyi ilmeisesti vain pieniä vahinkoja kaupungin kiinteistöille. Vantaan kaupungille kohdistui arviolta noin 60 000 € kustannukset tulvan ja pintaveden tulvimisen aiheuttamista vahingoista rakennuksille. Kustannuksia kartoitettiin lähinnä kaupungin kokouspöytäkirjoissa esitettyjen tietojen perusteella.

Vantaan Tilakeskuksen vuoden 2004 talousarvion investointiosan kustannustietojen perusteella (Vantaan kaupunginhallitus 2004c) voidaan päätellä, että rankkasateiden synnyttämät pintavesitulvat aiheuttivat rakennusten perusparannuskohteissa noin 50 000 € suuriset vahingot. Lisäksi tulvavesi rikkoi Korsossa Ankkarokin pitopaikan rakenteita. Korjaamisen ja kunnostamisen kokonaiskustannukset olivat arviolta noin 10 000 €, josta materiaali- ym. hankintakustannukset olivat vajaat 3000 € (Vantaan kaupunki 2004b) ja loput työkustannuksia.

Kesän 2004 sää oli varsin sateinen ja kostea. Sadevesi aiheuttikin ongelmia ja kustannuksia kaupungin rakennusten perusparannuskohteissa ja rakennustyömailla. Arviolta nämä kustannukset olivat yhteensä noin 250 000 - 300 000 €. Arvio perustuu seuraavaan:

- o Vantaan Tilakeskus perusteli kaupunginhallitukselle marraskuussa 2004, miksi talousarvio ei ollut toteutunut talonrakennuksen investointiosan osalta. Perustelun mukaan mm. useissa perusparannuskohteissa kosteusongelmat olivat

aiheuttaneen työn laajenemista, ja siksi toteutuskustannukset olivat ylittäneet määrärahavaraukset. (Vantaan kaupunginhallitus 2004c)

- o Kosteusongelmilla viitataan kesän sadejakson synnyttämiin vahinkoihin rakennuskohteissa.
- o Tilakeskuksen vuoden 2004 talousarvion investointiosan talonrakennusmenokohdan osalta toteutuman ja budjetin välinen ero oli kaikkiaan noin 0,4 milj. euroa (Vantaan kaupunginhallitus 2004c). Siitä suurin osa johtui perusparannuskohteiden kosteusongelmista.

Vaskivuoren lukion/Myyrmeen yläasteen koulurakennuksessa oli käynnissä tilojen kunnostus kesällä 2004. Vantaan Tilakeskuksen mukaan kohteessa oli tapahtunut vesivuotoja vesikatolta ja ikkunoista heinäkuun lopun rankkasateissa. Tilat korjattiin siihen kuntoon, että niitä voitiin käyttää turvallisesti koulurakennuksen perusparannukseen asti, joka oli tarkoitus käynnistää vuonna 2006 (Vantaan Kaupunginhallitus 2004b). Vesivahingon aiheuttamia kustannuksia ei käsitelty kokouspöytäkirjassa.

7.2.2 Asuinrakennusten tulvavahinkokustannukset Keravalla

Tutkimuksessa selvitettiin vuoden 2004 heinä-elokuun vaihteen rankkasateiden ja tulvien aiheuttamia vahinkoja kiinteistöille ja rakennuksille, verkostoille ja muille rakenteille yhteistyössä Keravan vesi- ja jätehuoltopäällikkö Jarmo Rämön kanssa. Vahinkojen laatua, määrää ja niiden aiheuttamia kustannuksia selvitettiin lisäksi keskustelemalla vahinkoja kärsineiden kiinteistöjen omistajien kanssa, Keravan hallintokuntien kokouspöytäkirjoissa esitettyjen tietojen valossa, Keravan kaupungin tutkimusten ja selvitysten perusteella sekä maa- ja metsätalousministeriöltä ja muilta valtion tulvavahinkokorvausjärjestelmän osapuolilta saatujen tulvavahinkotietojen ja -tilastojen avulla. Tutkimuksen käytössä oli Uudenmaan ympäristökeskuksen kannanottoja 13 vahinkokiinteistön osalta ja tulvavahinkotarkastustiedot 12 kiinteistöstä. Näistä osa oli myös Keravan kaupungin selvitysten kohdekiinteistöjä.

Tulvavahinkojen tiedossa olevat kustannukset asuinrakennusten osalta

Tutkimuksessa laskettiin ja arvioitiin rakennuksiin ja irtaimistoon sekä muihin tuotteisiin ja toimintoihin liittyvät tulvavahinkokustannukset (kokonaismäärät, keskiarvot ja vaihteluvälit). Irtaimistoon sekä muihin tuotteisiin ja toimintoihin liittyvät tulvavahinkokustannukset esitetään myöhemmissä luvuissa. Vahinkokustannustiedot olivat kuitenkin vaillinaiset, koska tutkimuksessa ei ollut mahdollista hankkia tietoja vakuutusyhtiöiltä. Joitakin vakuutusyhtiöiden maksamia korvauksia tuli kuitenkin ilmi muiden tietojen yhteydessä.

Tulvavahinkokustannustiedot antanevat melko hyvän käsityksen tulvan taloudellisista vaikutuksista kotitalouksille Keravalla. Tiedossa olevien 23 kiinteistön vahinkotietojen perusteella tutkimuksessa on arvioitu, että kesän 2004 tulvan aiheuttamat asuinrakennusten vahinkokustannukset olivat yhteensä vähintään 504 000 €.

A) Asuinrakennukset, joissa tulvavahingot aiheutuivat jätevesiviemäreiden tulvimisesta rakennuksiin ja jotka hyväksyttiin valtion tulvavahinkokorvauksen saajiksi

Tulvavahinkojen arviomiehen (rakennusalan yrityksen) laskelmien mukaan asuinrakennusten vahinkokustannukset yhteensä olivat 154 300 € tässä kohderyhmässä, ja keskimääräinen rakennuksen vahinkokustannus oli 19300 €.

- Vahinkokustannukset liikkuivat useimmiten 18 000 - 27 000 euron välillä. Suurin vahinko oli lähes 32 000 €, ja kaksi pienintä vahinkoa olivat 5200 - 5300 €.
- Vahinkokustannukset olivat keskimäärin 300 € yhtä vahinkoalan huoneistoneliometriä kohti, ja eri kohteissa ne vaihtelivat 220 - 380 € välillä.
- Pienimmät kustannukset olivat rakennuksissa, joissa alakerran lattia ja seinät oli tehty betonista tai muusta kiviaineisesta materiaalista.

Haastatteluissa kerrotut tiedot vahinkokustannuksista olivat vain suuntaa-antavia.

B) Asuinrakennukset (vähintään 7 kpl), joissa tulvavahingot aiheutuivat jätevesiviemäreiden tulvimisesta rakennuksiin, mutta joiden omistajat eivät saaneet korvausta valtiolta

Todennäköisesti kiinteistöjen keskimääräiset vahinkokustannukset olivat samaa suuruusluokkaa kuin valtion tulvavahinkokorvauksen saajiksi hyväksytyissä kiinteistöissä (yllä kuvattu kiinteistöryhmä), koska kiinteistöt olivat suunnilleen samanlaisia ja vahinkojen aiheutumistapa ja pääsyy olivat samat.

Asuinrakennusten yhteenlasketut vahinkokustannukset olivat arviolta 135 000 € tässä kohderyhmässä, ja kohteiden vahinkokustannukset olivat keskimäärin arviolta noin 19 300 €.

- Rakennuskohtaiset vahinkokustannukset todennäköisesti vaihtelivat paljon tässäkin ryhmässä.

C) Asuinrakennukset (vähintään 8 kpl), joissa tulvavahingot aiheutuivat tulvavedestä, maan pinnalla virtaavasta sade- ja hulevedestä, hulevesiverkoston tulvimisesta tai em. syiden yhdistelmästä

Tulvavahinkojen arviomiehen (rakennusalan yrityksen) mukaan neljän kohteen yhteenlasketut asuinrakennusten vahinkokustannukset olivat 55 500 €, ja niistä laskettu keskimääräinen kiinteistön vahinkokustannus oli noin 13 900 €. Kiinteistöjen omistajat eivät saaneet korvausta valtiolta.

- Rakennusten vahinkokustannusten suuruus vaihteli paljon. Kaksi suurempaa kiinteistövahinkoa olivat noin 20 000 €, ja kaksi muuta vahinkoa olivat selvästi pienempiä.
- Vahinkokustannukset olivat keskimäärin 230 € yhtä vahinkoalan huoneistoneliometriä kohti, ja eri kohteissa ne vaihtelivat 110 - 430 € välillä.

Haastateltujen omistamista asuinrakennuksista vain yksi kuului tähän kohderyhmään. Kohteen rakennusvahinko oli noin 19 000 €, mikä on hyvin linjassa tulvavahinkoarvioiden kanssa.

- Kolmen muun asuinrakennuksen osalta vahinkojen suuruus arvioitiin muiden kohdekohtaisten tietojen pohjalta laskettujen keskiarvojen mukaisina.

Kohderyhmän kaikkien kahdeksan asuinrakennuksen yhteenlasketut vahinkokustannukset olivat arviolta 116 000 € tässä kohderyhmässä, ja kohteiden vahinkokustannukset olivat keskimäärin noin 14 500 €.

7.2.3 Rakennusten tulvavahinkokustannukset Helsingissä

Oulunkylän siirtolapuutarha-alueella sijaitsee 203 siirtolapuutarhamökkiä kooltaan 27 - 33 m². Kesällä 2004 vesi nousi 75 mökin pihalle. Vedenkorkeus pihoiilla oli 10 - 50 cm. Useista mökeistä jouduttiin myös uusimaan lattiarakenteita (Suhonen 2006). Oulunkylän siirtolapuutarhan vahinkoja voitiin karkeasti arvioida Väänäsen (2005) tekemien Pirttirannan loma-asuntoalueen rakennusten tulvavahinkoarvioiden avulla. Rakennusten oletettu keskimääräinen lattiapinta-ala oli 30 m². Jos joka kolmannelta rakennuksesta jouduttiin uusimaan lattiarakenteiden lisäksi myös seinärakenteita, saadaan niiden vahingoiksi noin 150 000 euroa (25 x 30 x n. 200 €/m²). Muiden mökkien vahingot olivat myös noin 150 000 euroa (50 x 30 x n. 100 €/m²). Siten kokonaisvahingoiksi saatiin karkeasti noin 300 000 euroa.

7.2.4 Rakennusten ja irtaimiston tulvavahinkokustannukset Riihimäellä

Riihimäellä tehtiin tulvavahingoista 70 poikkeuksellisten tulvien aiheuttamien vahinkojen korvaamisesta säädetyn lain 284/1983 mukaista korvaushakemusta Maa- ja metsätalousministeriölle. Useimmiten hakemuksissa ilmoitettiin erityyppisiä vahinkoja ja niiden kustannuksia (esim. asuinrakennusvahinko ja kotitalousirtaimistovahinko). Korvaushakemusten kohteista 48 sijaitsi Vantaanjoen läheisyydessä Vantaanjoen vesistö-alueella (Hämeen ympäristökeskus 2004a ja 2004b). Loput 22 korvaushakemusten kohteista sijaitsivat Punkajoen valuma-alueella (Hämeen ympäristökeskus 2004c ja 2004d).

Tutkimuksessa saatiin käyttöön Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskukselta kuntakohtaiset tilastot poikkeuksellisten tulvien aiheuttamien vahinkojen korvaamisesta säädetyn lain (284/1983) mukaisista tulvavahinkokorvauksista kesän 2004 tulviin liittyen. Tiedoista ilmenevät myös haettujen ja hyväksytyjen tulvavahinkojen yhteismäärät. Riihimäen osalta ne on esitetty taulukossa 12.

Merkittävimmän osan Riihimäen tulvavahingoista aiheutti viemärivereden nousu kiinteistöihin. Asuinrakennuksille aiheutui vahinkoja yhteensä noin 620 000 €. Riihimäellä kesän 2004 tulvasta. Lisäksi kotitalousirtaimistovahingot olivat yhteensä 92 000 € (Maa- ja metsätalousministeriö 2007). Edellä mainitut summat olivat valtiolta haettujen korvausten kokonaismäärät. Korvausprosessin lopputuloksena valtion korvausperusteeksi hyväksytyjen asuinrakennusvahinkojen määrä jäi hieman pienemmäksi (553 000 €). Tämä johtui mm. siitä, että valtion korvausta ei maksettu, jos korvauksen saaja oli saanut korvausta joltakin muulta taholta.

Taulukko 12. Maa- ja metsätalousministeriön saamat ja käsittelemät asuinrakennus- ja kotitalousirtaimistovahinkojen korvaushakemukset Riihimäeltä kesän 2004 tulvan osalta (Maa- ja metsätalousministeriö 2007).

	Korvaushakemusten määrä	Haettu korvaussumma yhteensä	Hyväksytty korvaussumma yhteensä
Asuinrakennusvahinko	42 kpl	619 400 €	553 000 € (89 %)
Kotitalousirtaimistovahinko	50 kpl	92 200 €	97 600 € (106 %)

Riihimäen kaupungin vesihuoltolaitos sai 55 kiinteistöltä korvaushakemukset jätevesiviemäreiden tulvimisesta aiheutuneista vahingoista. Vesihuoltolaitos teki kielteiset päätökset kaikkien korvausvaatimusten ja niitä seuranneiden oikaisuvaatimusten osalta. Päätösten perustelut ilmenivät vesihuoltolaitoksen tekemästä lausunnosta korvausasiassa (Riihimäen Vesihuoltolaitoksen johtokunta 2004d).

Vesihuoltolaitokselle ilmoitettujen kiinteistöjen korvausvaatimukset koostuivat pääosin viemäritulvien rakennuksille aiheuttamien vahinkojen arvioituista korjauskustannuksista. Pienempi osa korvausvaatimuksista koostui irtaimistovahinkojen arvioituista kustannuksista. Yksi hakemus koski elinkeinotoiminnan menetyksiä tulvan takia. Korvausvaatimusten rahamäärä ilmoitettiin 35 korvauspäätöksen oikaisuvaatimuksessa. Ne 20 hakemusta, joissa ei mainittu korvaussummaa, koskivat kaikki pientalokiinteistöjä. Tiedot ilmenevät vesihuoltolaitoksen kokouspöytäkirjoista, jotka koskevat kiinteistöjen tekemiä oikaisuvaatimuksia korvausvaatimustensa käsittelyssä (Riihimäen Vesihuoltolaitoksen johtokunta 2004e, 2005b ja 2005c).

Vesihuoltolaitokselta vaadittujen korvausten yhteissumma oli 680 000 € niiden 35 hakemuksen osalta, joista korvausvaade on tiedossa. Niistä kerros- ja rivitaloyhtiöiden osuus oli 429 000 € (As Oy muotoiset yhtiöt). Pientalokiinteistöjen osuus ilmoitetuista vahinkokustannuksista oli 236 000 €, eli keskimäärin runsaat 8000 € per hakemus (vaihteluväli oli 500 - 32 000 €). Elinkeinotoiminnan menetyksiä koskeva vaade oli 14 800 €. Jos oletetaan, että korvaussumman ilmoittamatta jättäneiden 20 pientalokiinteistön vahinkokustannukset olisivat keskimäärin samansuuruisia kuin muiden, niin niiden vahinkokustannukset olisivat yhteensä 163 000 €.

Yllä sanotun perusteella Riihimäen kaupungin vesihuoltolaitokselle osoitettujen asuinrakennus- ja kotitalousirtaimistovahinkojen suuruus oli yhteensä noin 830 000 €. Vaikka vesihuoltolaitokselle osoitettujen kiinteistöjen korvaushakemusten lukumäärä (55) oli pienempi kuin Maa- ja metsätalousministeriölle osoitettujen korvaushakemusten määrä (70), niin hakemusten yhteenlaskettu rahamäärä oli noin 120 000 € suurempi. Tärkein syy näennäiseen ristiriitaan lienee ollut se, että ministeriölle osoitetuissa korvaushakemuksissa vahinkojen suuruudet oli arvioinut arviomies, jonka tulisi olla arvioitavaa asiaa tunteva henkilö. Toinen tärkeä selitys lienee ollut se, että osa vahinkotiedoista ei lopulta kantautunut ministeriön tietoon.

7.2.5 Rakennus- ja kiinteistövahinkojen yksikkökustannuksia

Tulvavedestä rakennuksille aiheutuvaa vahinkoa voidaan arvioida esim. kesätulvan 2004 arvioitujen ja toteutuneiden tulvavahinkojen perusteella, joita on käsitelty Vantaan Pirttirannan tulvasuojelun yleissuunnitelmassa (Väänänen 2005).

- Niissä tapauksissa, joissa vain lattiarakenteet jouduttiin uusimaan, oli tulvasta aiheutuva vahinko asuinrakennuksille keskimäärin noin 170 €/lattia-m² ja piha- ja saunarakennuksille noin 90 €/lattia-m².
- Jos myös seinärakenteita jouduttiin uusimaan, olivat vahingot asuinrakennuksille keskimäärin noin 320 €/lattia-m² ja piha- ja saunarakennuksille noin 165 €/lattia-m².

Suomen ympäristökeskuksen julkaisema suurtulvaselvitys (Ollila et al. 2000) sisältää alueellisten ympäristökeskusten tekemiä tulvavahinkoarvioita.

- Arvioiden pohjana olevat yksikkövahingot vaihtelevat paljon.
- Lämmitettävän rakennuksen vahinkojen yksikköhinnaksi arvioitiin 105–180 €/m².
- Tulvavahinkojen kustannuksiksi arvioitiin noin 16 800 €/pienkiinteistö, 33 600 €/omakotitalo ja 8 400 €/loma-asunto.

7.3 Irtaimistovahinkojen kustannukset kesän 2004 tulvassa

7.3.1 Irtaimistovahinkojen kustannukset Keravalla

Tulvavahinkojen tarkastelussa noudatettiin aiemmin tehtyä vahinkokohteiden ryhmittelyä asuinrakennusten tulvavesivahinkojen aiheutumistavan perusteella. Tutkimuksessa laskettiin ja arvioitiin rakennuksiin ja irtaimistoon sekä muihin tuotteisiin ja toimintoihin liittyvät tulvavahinkokustannukset (kokonaisuudet, keskiarvot ja vaihteluvälit). Vahinkokustannukset olivat kuitenkin vaillinaiset, koska tähän tutkimukseen ei saatu vahinkotietoja vakuutusyhtiöiltä. Joitakin vakuutusyhtiöiden maksamia korvauksia tuli kuitenkin ilmi muiden tietojen yhteydessä.

Tulvavahinkokustannustiedot antanevat melko hyvän käsityksen kesän 2004 tulvan taloudellisista vaikutuksista kotitalouksille Keravalla. Tiedossa olevien 23 kiinteistön vahinkotietojen perusteella tutkimuksessa on arvioitu, että kesän 2004 tulvan aiheuttamat kotitalousirtaimiston vahinkokustannukset olivat yhteensä vähintään 73 000 €.

A) Asuinrakennukset, joissa tulvavahingot aiheutuivat jätevesiviemäreiden tulvimisesta rakennuksiin ja jotka hyväksyttiin valtion tulvavahinkokorvauksen saajiksi

Tulvavahinkoarvioiden ja haastattelutietojen mukaan kaikissa kiinteistöissä oli vahingoittunut kotitalouksien irtaimistoja.

- Muutamassa rakennuksessa irtaimistoa vahingoittui melko vähän.
- Useimmissa rakennuksissa irtaimistoa vahingoittui kohtalaisen paljon. Usein alakerrassa on oleskelutiloja sekä säilytys- ja varastotiloja, joten irtaimiston kokonaisuus on suuri. Siihen sisältyy usein monenlaisia koneita ja laitteita, työkaluja, huonekaluja, mattoja, vaatteita, yms. Toisaalta monesti irtaimisto on vanhaa ja/tai kulunutta.
- Yhdessä kiinteistössä alakertaan oli rakennettu musiikkistudio, ja siellä vahingot olivat suuret.
- Kolmen rakennuksen alakerrassa oli varastoitu rakennustarvikkeita remontteja silmällä pitäen.

Keskimääräinen kotitalousirtaimiston vahinkokustannus oli noin 4600 € per kiinteistö (osin arviomiesten hyväksymien kustannusarvioiden ja osin vakuutusyhtiöiden hyväksymien kustannusten mukaan). Korvaukset olivat keskimäärin 3 800 € per kiinteistöä kohti.

- Kotitalousirtaimiston vahinkokustannukset olivat yhteensä 36 500 €, ja korvaukset olivat yhteensä 30 600 € (sisältää valtion tulvakorvaukset ja tiedossa olleet vakuutusyhtiökorvaukset).
- Kotitalousirtaimiston vahinkokustannusten suuruus vaihteli erittäin paljon eri kohteiden välillä. Puolessa tapauksista kotitalousirtaimiston vahinkokustannuk-

set liikkuivat 200 - 800 euron välillä, ja toisen puolen kohdalla vahinkokustannukset olivat 3 500 - 20 000 euron välillä.

- Suurimmassa kotitalousirtaimiston vahinkokohteessa kiinteistön alakerrassa oli hyvin varusteltu musiikkistudio, mikä selittää vahinkojen suuruuden.

B) Asuinrakennukset (vähintään 7 kpl), joissa tulvavahingot aiheutuivat jätevesiviemäreiden tulvimisesta rakennuksiin, mutta joiden omistajat eivät saaneet korvausta valtiolta

Pääsääntöisesti näiden kiinteistöjen vahingot olivat samanlaisia kuin yllä tarkastelluissa kiinteistöissä (valtion tulvavahinkokorvauksen saajiksi hyväksytyt), koska vahinkojen aiheutumistapa ja pääsyy olivat samat. Kiinteistöjen omistajien haastatteluissa kerrotut tiedot tukevat myös tätä olettamusta.

Kiinteistöjen kotitalousirtaimiston vahinkokustannukset olivat keskimäärin arviolta noin 4600 €, ja kohteiden yhteenlasketut vahinkokustannukset olivat arviolta 32 000 €.

- Kiinteistöjen omistajien mahdollisesti saamista korvauksista ei ole tietoja.

C) Asuinrakennukset (vähintään 8 kpl), joissa tulvavahingot aiheutuivat tulvavedestä, maan pinnalla virtaavasta sade- ja hulevedestä, hulevesiverkoston tulvimisesta tai em. syiden yhdistelmästä

Todennäköisesti lähes kaikissa kiinteistöissä vahingoittui kotitalouksien irtaimistoa.

- Arviolta yli puolessa rakennuksissa irtaimistoa vahingoittui paljon tai melko paljon. Usein alakerrassa on oleskelutiloja sekä säilytys- ja varastotiloja, joten irtaimiston kokonaismäärä on suuri. Siihen sisältyy usein monenlaisia koneita ja laitteita, työkaluja, huonekaluja, mattoja, vaatteita, yms. Toisaalta monesti irtaimisto on vanhaa ja/tai kulunutta.
- Muissa rakennuksissa irtaimistoa vahingoittui ilmeisesti melko vähän.

Tulvavahinkoarvioissa hyväksytyt kotitalousirtaimiston vahinkokustannukset olivat keskimäärin noin 500 €. Muiden tietojen puuttuessa tämä summa voidaan yleistää koskemaan koko kohderyhmää. Siten kotitalousirtaimiston vahinkokustannukset olivat yhteensä 4100 €.

- Kiinteistöjen omistajien mahdollisesti saamista korvauksista ei ole tietoja.

7.3.2 Irtaimistovahinkojen kustannukset Vantaalla

Vahinkojen tarkastelussa noudatettiin aiemmin tehtyä vahinkokohteiden (asuinrakennusten) ryhmittelyä tulvavesivahinkojen aiheutumistavan perusteella. Koska tiedossa olevien vahinkokohteiden lukumäärä oli pieni, tarkastellaan Vantaan osalta kaikkia asuinrakennuksiin liittyviä irtaimistovahinkotapauksia yhtenä kokonaisuutena eikä erikseen rakennusten tulvavahinkojen aiheutumistapojen perusteella. Vain asuinrakennuksiin ja vapaa-ajan rakennuksiin liittyvät irtaimistovahinkotapaukset on erotettu toisistaan.

Tutkimuksessa arvioitiin irtaimistoon liittyvät tulvavahinkokustannukset. Vahinkokustannukset ovat kuitenkin vaillinaiset, koska tutkimuksessa ei ollut mahdollista hankkia tietoja vakuutusyhtiöiltä. Joitakin vakuutusyhtiöiden maksamia korvauksia tuli kuitenkin ilmi muiden tietojen yhteydessä.

Tiedossa olevien 4 asuinkiinteistön ja 2 vapaa-ajan rakennuksen vahinkotietojen perusteella tutkimuksessa on arvioitu, että kesän 2004 tulvan aiheuttamat kotitalousirtaimiston vahinkokustannukset olivat yhteensä vähintään 8 000 €.

A + B + C) Asuinrakennukset (vähintään 4 kpl), joissa tulvavahingot aiheutuivat jätevesiviemäreiden tulvimisesta rakennuksiin ja/tai tulvaveden nousemisesta rakennuksiin

Tulvavahinkoarvioiden mukaan kahdessa asuinrakennuksessa neljästä oli vahingoittunut kotitalouksien irtaimistoa. Lisäksi yksi tapaus oli sellainen, jossa kiinteistössä vahingoittui vain irtaimistoa, mutta rakennus säilyi vaurioitta.

- Vahinkopaikoissa oli yritetty minimoida irtaimistovahinkoja mm. nostamalla tavaroita rakenteiden päälle sekä pelkästään päällekkäin suojaan tulvavedeltä. Yhdessä vahinkokiinteistössä oli näin toimimalla onnistuttu estämään kokonaan irtaimistovahinkojen syntyminen.
- Irtaimistovahinkojen yksityiskohdista tutkimuksessa ei saatu tietoja.
- Kahdessa rakennuksessa irtaimistoa vahingoittui kohtalaisen paljon. Pääasiassa kyse oli ilmeisesti huonekalujen, tavaroiden ja tekstiilien kastumisesta ja likaantumisesta jäteveden vaikutuksesta.

Kotitalousirtaimiston vahinkokustannukset olivat yhteensä arviolta 7 300 € ja maksetut korvaukset olivat yhteensä noin 4 800 € (sisältää valtion tulvakorvaukset ja tiedossa olleen vakuutusyhtiökorvauksen).

- Keskimäärin kotitalousirtaimiston vahinkokustannus oli arviolta noin 2 400 € kiinteistöä kohti (osin arviomiesten hyväksymien kustannusarvioiden ja osin vakuutusyhtiön hyväksymien kustannusten mukaan). Vahingoista maksetut korvaukset olivat keskimäärin 1 600 € kiinteistöä kohti.
- Vahinkokustannusten suuruus vaihteli erittäin paljon eri kohteiden välillä, muutamasta satasesta yli 4 000 euroon.

C) Vapaa-ajan rakennukset (vähintään 2 kpl), joissa tulvavahingot aiheutuivat tulvavedestä

Yhdessä rakennuksessa vahingoittui irtaimistoa. Rakennus oli toiminut vanhan, käytöstä poistetun koti-irtaimiston varastotilana. Vahinkopaikassa oli minimoitu irtaimistovahinkoja nostamalla tavaroita päällekkäin suojaan tulvavedeltä.

- Toinen vahinkopaikka oli saunarakennus, ja siellä vältyttiin merkittävilta irtaimistovahingoilta.

Arvion mukaan irtaimiston vahinkokustannukset olivat suuruusluokkaa 1000 €. Omistajan mahdollisesti saamista korvauksista ei ole tietoja.

7.4 Tiestön ja liikenteen tulvavahinkokustannukset

7.4.1 Tiestön ja liikenteen tulvavahinkokustannukset Keravalla

Seuraavassa tarkastellaan liikenteen ja liikenneverkon kärsimien tulvavahinkojen ja -haittojen kustannuksia Keravalla vuoden 2004 heinä-elokuun tulvassa.

Luhtaniitynojan tulviminen Keravantielle

Luhtaniitynojan tulviminen Keravantielle aiheutti kustannuksia ja haittaa liikenteelle. Koko liikenne huomioon ottaen ylimääräiset ajoneuvokustannukset ja haittojen laskennalliset arvot olivat **yhteensä noin 116 000 €**, eli keskimäärin **noin 6,8 € ajoneuvoa kohti**. Laskelmien tulokset on esitetty taulukossa 13. Laskentaperusteet ja yksikkökustannukset on esitetty myöhemmin tässä luvussa.

Ajoneuvokustannusten osuus oli noin 29 000 €, kun niiden laskemisessa käytetään Valtion matkustussäännön mukaisia kilometrikorvauksia (Valtiovarainministeriö 2006). Kiertoteiden ajamiseen kuluneen ylimääräisen ajan arvo oli noin 66 000 € ja ruuhkien aiheuttaman aikamenetyksen arvo oli noin 20 000 €. Tienpitäjän kustannukset olivat noin 5000 € henkilöstön palkkakuluina (ml. palkkojen sivukulut). Nämä kustannukset kertyivät mm. tilanteen hallinnasta, liikenteen ohjaamisesta, kiertoteiden järjestämisestä ja valvonnasta sekä tulvan alla olleen tieosuuden puhdistamisesta ja kunnostamisesta. Voitiin arvioida, että näihin toimiin yhteensä kului noin yksi henkilötyökuukausi.

Taulukko 13. Luhtaniitynojan tulvimisesta Keravantielle aiheutuneet ajo- ja haittakustannukset liikenneverkon käyttäjille sekä tapahtumasta aiheutuneet kustannukset tienpitäjälle.

KUSTANNUKSET LIIKENNEVERKON KÄYTTÄJILLE			
Ajoneuvokustannukset	Kiertoteiden ajamiseen kuluneen ylimääräisen ajan arvo	Ruuhkien aiheuttamien aikamenetysten arvo	Ajokustannukset ja haittakustannukset yhteensä
29 000	66 000	20 000	116 000
KUSTANNUKSET TIENPITÄJÄLLE, karkea arvio			
Tulvatilanteen hallinta ja yleiset järjestelyt	Liikenteen ohjaus, kiertoteiden järjestäminen ja valvonta	Tieosuuden puhdistaminen ja kunnostaminen	Palkkakustannukset toimenpiteistä yhteensä
1 000	2 000	2 000	5 000

Liikenne jouduttiin ohjaamaan kiertotielle. Sen seurauksena tien käyttäjille syntyi ylimääräistä ajomatkaa ja ylimääräisiä ajoneuvokustannuksia. Lisäksi tien käyttäjille koitui aikamenetyksiä kiertoteiden ajamisesta pienehköllä nopeudella ja jonottamisesta liikenneruuhkissa, joita syntyi poikkeusjärjestelyjen takia varsinkin aamulla ja iltapäivällä. Normaali sallittu ajonopeus Keravantiellä oli 60 - 80 km/h tulvapaikan molemmin puolin.

Tiehallinnon liikennemääräkartan (Tiehallinto 2007) mukaan tulvapaikan kohdalla Keravantien keskimääräinen ajoneuvoliikenne oli 8156 ajoneuvoa vuorokaudessa. Liikenneverkon perusteella voitiin arvioida, että kiertoteistä aiheutui ylimääräistä ajomatkaa noin 3 km per ajoneuvo. Ylimääräinen ajomatka ajettiin arviolta 25 km/h nopeudella. Arviolta 65 % liikenteestä tapahtui aamu- ja iltapäiväruuhkien aikana. Ruuhkasta aiheutunut aikamenetys oli arviolta noin 5 min ajoneuvoa kohti.

Tiehallinnon (2005) ohjeiden mukaan kevyen autoliikenteen (henkilö- ja paketti-autot) keskimääräiset ajoneuvokustannukset olivat 5,81 snt/km (sisältää polttoainekustannukset ja muut käyttökustannukset, pl. verot), ja vastaavasti kuorma- ja linja-autojen keskimääräiset ajoneuvokustannukset olivat 26,52 snt/km. Nämä

yksikkökustannukset olivat hyvin pieniä, koska niissä ei ollut lainkaan mukana veroja. Siksi ajoneuvokustannusten laskemisessa käytettiin Valtion matkustus-säännön (2007) mukaisia kilometrikorvauksia 38 snt/km +2 snt/km/lisähenkilö.

Tiehallinnon (2005) ohjeissa oli määritelty matka-aikasäästön arvot, jotka kuvasivat matkojen ajallisen lyhentymisen tienkäyttäjille tuottamaa hyötyä. Liikenne-ruuhkissa menetetty aika oli yhtä arvokasta kuin säästetty matka-aika. Näin ollen ruuhkissa menetetyn minuutin arvo oli keskimäärin 16,09 €/h kevyttä ajoneuvoa kohti ja keskimäärin 56,02 €/h raskasta ajoneuvoa kohti.

Veden tulviminen Keravantielle johti jälkiselvittelyihin siitä, kenen syy tapahtuma oli ja kenen vastuulla liikenneväylälle kohdistuneiden vahinkojen korvaaminen oli. Lopulta kuitenkin tiehallinto ja Keravan kaupunki maksoivat omat korjaus-toimenpiteensä.

Työssä selvitettyihin vahinkopaikkoihin Vantaan kaupungissa nojautuen voitiin arvioida, että liikenteen muihin vahinkopaikkoihin Keravalla liittyvät vahinko- ja haittakustannukset olivat yhteensä suunnilleen 20 000 - 30 000 €.

7.4.2 Tiestön ja liikenteen tulvavahinkokustannukset Vantaalla

Ongelma- ja vahinkotilanteet heinä-elokuun taitteen rankkasateissa ja tulvissa vuonna 2004

Kesän 2004 rankkasateissa ja tulvissa jokien, purojen ja jopa pienten ojien tulvi-essa vesi nousi kaduille, teille, liikennealueille ja viheralueille eri puolilla Van-taata aiheuttaen vahinkoja liikenneverkon ja viheralueiden rakenteille, jätevesi-pumppaamoiden toiminnalle sekä haittoja liikenneverkon ja viheralueiden käyttä-jille. Liikenneverkon vahinko- ja haittakohtia oli ainakin 22 Vantaan kaupungin alueella (lisäksi pieniä vahinkoja siellä täällä), korjattavia jätevesipumppaamoja oli 7, ja lisäksi viheralueiden vahinko- ja haittakohtia oli ainakin 15 (lisäksi pieniä vahinkoja siellä täällä).

Liikenneverkon, liikenteen ja viheralueiden vahinko- ja haittakustannukset

Työssä tehtiin arviolaskelmat kustannuksista, joita veden virtaaminen ja tulvimi-nen aiheutti vahinkoina liikenneverkolle, viheralueille ja muulle infrastruktuurille sekä haittoina liikenteelle ja liikkujille. Laskelmissa otettiin huomioon liikenne-verkon, viheralueiden ja jätevesipumppaamojen kunnostamisen ja välttämättö-mien korjausten kustannukset, korjauksiin ja kunnostuksiin käytetyn työajan kus-tannukset sekä liikenteen ja liikkujien haittakustannukset ylimääräisten matkaki-lometrien ja menetetyn ajan muodossa.

Vahinkojen ja haittojen aiheuttamat kokonaiskustannukset Vantaalla olivat noin 380 000 € tässä tehtyjen arviolaskelmien perusteella. Summa osoitti kesän 2004 tulvista ja rankkasateista johtuvien välittömien kustannusten suuruusluokan lii-kenteelle ja liikkujille sekä liikenneverkon ylläpitäjille yhteensä. Kustannusten kertymistä vahinkokohteittain on esitetty taulukoissa 14 - 16. Seuraavassa esite-tään ja eritellään laskelmien tuloksina saadut kustannukset. Tuloksia analysoidaan ja arvioidaan myöhemmin. Tiestön ja liikenteen vahinko- ja haittakustannusten laskentaperusteet on esitetty liitteessä B.

Taulukko 14. Vantaanjoen pääuoman ja sivu-uomien (purot ja ojat) tulvimisista aiheutuneet vahingot liikenneverkolle ja jätevesipumppaamoille, välttämättömien korjausten materiaali- yms. hankintakustannukset sekä liikenteelle ja liikkujille aiheutuneet ylimääräiset matka- ja aikakustannukset.

vahinkopaikka	vah.paikan väl. kunnost. ja korj. hank.kust (Vantaan kaup. 2004b), €	tulvavahinkojen ehkäisemisen vaatimat toimenpiteet (Ranta 2004).	liikenteen ja liikkujien välittömät kustannukset yht., ja haitan kestoaika	Välittömät kust. yht
PÄÄUOMAN TULVIMISESTA AIH. VAHINGOT JA HAITAT INFRASTRUKTUURILLE JA LIKKUJILLE				
Ahoniityntie	tien puhdistus ja kunnostus, 950 €	Tien korotus	noin 6100 € haitta-aika arv. 4 vrk	n. 7050 €
Solbackantie ja Peräjätie	teiden puhdistus, kunnostus ja korjaus (mäki 3 kertaa) yhteensä 1600 €	Teiden korotus	noin 12 300 € haitta-aika arv. 4 vrk	n. 13 900 €
Tapolan kevyen liikenteen väylä	tien puhdistus ja kunnostus, n. 200 €	Korotus	n. 200 € haitta-aika arv. 4 vrk	n. 400 €
Pääuoma yht.	yht. arviolta 2750 €		yht. arviolta 18 600 €	n. 21 350 €
SIVU-UOMIEN TULVIMISESTA AIH. VAHINGOT JA HAITAT INFRASTRUKTUURILLE JA LIKKUJILLE				
Vantaankosken varikko	alueen puhdistus, n. 100 €	Ei helppoja keinoja Alueen mitattava korotus.	noin 100 € haitta-aika arv. 4 vrk	n. 200 €
Muut tiet ja kadut Vantaalla	pieniä korjaustöitä, yhteensä n. 1100 €			n. 1100 €
Vantaanjoen vesistöalueen ulkopuolella olevien sivu-uomien tulvimisesta aiheutuneet vahingot ja haitat				
Toivonrinne	Soran levitys ja lanaus, noin 150 €	Ei helppoja keinoja Tien korotus	noin 200 € haitta-aika 3 (2+1)vrk	n. 350 €
Raappavuorentie	tien puhdistus, n. 100 €	Ei helppoja keinoja.	noin 12 400 € haitta-aika 1 vrk	n. 12 500 €
Martinkyläntie ja Riihikuja	tien puhdistus, n. 200 €	Ei helppoja.	noin 8300 € haitta-aika 1 vrk	n. 8500 €
Turvatie	tien korjaus ja kunnostus, yht. n. 550 €		noin 150 € haitta-aika arv. 2 vrk	n. 700 €
Sivu-uomat yht.	yht. arviolta 2200 €		yht. arviolta 21 150 €	n. 23 350 €
Jätevesipumppaamot (4 kpl)	Korjaukset, arv. 500 €/kpl, yht. arviolta 2000 €			n. 2000 €
Vahinkoja kärsineet tiet ja kadut yhteensä	Välittömien korjausten kustann. yht. noin 6950 €		Liikenteen ja liikkujien välittömät kustannukset yht. noin 39 750 €	Välittömät kustannuks. n. 46 700 €

Taulukko 15 Keravanjoen pääuoman ja sivu-uomien (purot ja ojat) tulvimisista aiheutuneet vahingot liikenneverkolle ja jätevesipumppaamoille, välttämättömien korjausten materiaali- yms. hankintakustannukset sekä liikenteelle ja liikkujille aiheutuneet ylimääräiset matka- ja aikakustannukset.

vahinkopaikka	vah.paikan väl. kunnost. ja korj. hank.kust (Vantaan kaup. 2004b), €	tulvavahinkojen ehkäisemisen vaatimat toimenpiteet (Ranta 2004).	liikenteen ja liikkujien välittömät kustannukset yht., ja haitan kestoaika	Välittömät kust. yht
PÄÄUOMAN TULVIMISESTA AIH. VAHINGOT JA HAITAT INFRASTRUKTUURILLE JA LIKKUJILLE				
Ohratien silta	tien puhdistus ja kunnostus, arv. 150 €	Tien ja sillan korotus	n. 38 500 € (keskim. 2,6 € / ajo-neuvo) haitta-aika 4,5 vrk	n. 38 650 €
Vainiontie		Tien korotus	n. 10 € haitta-aika 4,5 vrk	n. 10 €
Tikkurilantie, junaradan alikulukohta	alikulkuun kert. veden pumppaus, n. 1300 €	Jokeen laskevan sadevesiviemärin venttiilin parannus, uusi svvventtiili radan toiselle puolelle	n. 1200 € (yö) ja n. 6300 € (30.7.-2.8.) haitta-aika 1 yö + 4 vrk	n. 8800 €
Pääuoma yht.	yht. arviolta 1450 €		yht. arviolta 46 000 €	n. 47 450 €
SIVU-UOMIEN TULVIMISESTA AIH. VAHINGOT JA HAITAT INFRASTRUKTUURILLE JA LIKKUJILLE				
Kivikkotie	tien puhdistus, kunnostus ja paikkaus, arv. 200 €	Ojan perkaus ja rumpujen uusiminen suuremmiksi	noin 300 € haitta-aika arv. 2 vrk	n. 500 €
Angervotien kevyen liikent. silta	siltarakennelma 3400 €	Sillan uusiminen kokonaan	noin 4300 € haitta-aika arv. 20 vrk	n. 7700 €
Osmanranta ja Tikkurilantie	Kylmäojan rumpujen ja ajosillan korj., yht. 1000 €	Alitusrummut suuremmiksi		n. 1000 €
Peltolantie	Kylmäojan rumpujen riittävyden tarkistus, 0 €	Alitusrummut suuremmiksi		n. 0 €
Heidehofintie	Laskuojan syventäminen ja rumpujen puhdist. n. 1750 €		n. 4500 € haitta-aika arv. 3 vrk	n. 6250€
Savimaantie	tien korjaus ja rumpu suuremmaksi, yht. n. 1400 €		n. 400 € haitta-aika arv. 5 vrk	n. 1800 €
Rekolan asematunneli	tunnelin tyhjentäminen vedestä ja puhdistus, yht. arv. 1000 €	Rekolanojan reunalalle ja vahvistettava ja korotettava	n. 2000 € haitta-aika arv. 3 vrk	n. 3000 €
Haapalantie	tien korjaus ja lisärumpu tulvarummuksi, n. 2100 €		n. 15 € haitta-aika arv. 2 vrk	n. 2100 €
Muut tiet ja kadut Vantaalla	pieniä korjaustöitä, yhteensä n. 1100 €			n. 1100 €
Vantaanjoen vesistöalueen ulkopuolella olevien sivu-uomien tulvimisesta aiheutuneet vahingot ja haitat				
Kankuritie	tien korjaus ja rummun suurentaminen, yht.n. 1600 €		noin 300 € haitta-aika arv. 3 vrk	n. 1900 €

Juoksutie	tien puhdistus, n. 100 €	Sadevesiviemärin rakentaminen kohteeseen	noin 100 € haitta-aika arv. 4 vrk	n. 200 €
Jätevesipump- paamot (3 kpl)	Korjaukset, arv. 500 €/kpl, yht. arviolta 1500 €			n. 1500 €
Vahinkoja kärsi- neet tiet ja kadut yhteensä	Välittömien kor- jausten kustann. yht. noin 16 600 €		Liikenteen ja liikkujien välit- tömät kustan- nukset yht. noin 58 000 €	Välittömät kus- tannuks. noin 74 600 €

Taulukko 16. Tulva- ja pintavesistä aiheutuneet vahingot puistoille ja muille viheralueille sekä niiden välttämättömien korjausten materiaali- yms. hankinta-kustannukset.

TULVAVESISTÄ AIHEUTUNEET VAHINGOT JA HAITAT VIHERALUEILLE				
vahinkopaikka	vah.paikan väl. kunnost. ja korj. hank.kust (Vantaan kaup. 2004b), €	tulvavahinkojen ehkäisemisen vaatimat toimenpiteet (Ranta 2004).	liikenteen ja liikkujien välittömät kustannukset yht., ja haitan kestoaika	Välittömät kust. yht.
Vernissa ja Vernissanpuisto	puhdistus, kunnostus ja korjaus, yht. n. 2100 €		haitta-aika arv. 5 vrk	n. 2100 €
Muut viheraluekohteet yht.	yli 10 kohdetta, yhteensä n. 8450 €			n. 8450 €
Vahinkoja kärsi- neet viheralueet yhteensä	Välittömien kor- jausten kustann. yht. noin 10 550 €		Liikenteen ja liikkujien välit- tömät kustan- nukset yht. ?	Välittömät kus- tannuks. noin 10 550 €

Arviolaskelmissa **liikenneverkon** kunnostamisen ja välttämättömien korjausten kustannukset olivat yhteensä **noin 230 000 € (61 %)**. **Liikenneverkon käyttäjille**, eli autoilijoille, kävelijöille ja pyöräilijöille aiheutuneet haittakustannukset liikenneverkon ongelmista olivat yhteensä **noin 98 000 € (26 %)**. Ne koostuivat kiertoteiden aiheuttamien ylimääräisten matkakilometriä kustannuksista sekä kiertoteillä, hidastetuilla ajo-osuuksilla ja jonoissa menetetyt ajan arvosta. **Viheralueiden** kunnostamisen ja korjaamisen kustannukset olivat yhteensä **noin 50 000 € (13 %)**.

Tutkimuksen käyttöön saatiin kaupungilta dokumentteja, jotka valottivat vahinkopaikkojen sijaintia, vahinkojen ja haittojen luonnetta ja mittasuhteita, vahinkojen korjaamisen kustannuksia ja tarvittavia keinoja kohteiden tulvankestävyyden parantamiseksi (Vantaan kaupunki 2004a ja 2004b, Ranta 2004).

Vantaalla kirjattiin ajanjaksolta 29.7. - 31.8.2004 kertyneen noin 30 000 € kustannukset katujen, teiden ja viheralueiden tulva- ja pintavesivahinkojen kunnostamisesta ja korjaamisesta (Vantaan kaupunki 2004b). Kustannukset koostuivat vahinkokohteiden käytettävyyden kannalta välttämättömistä, useimmiten pienehköistä korjauksista sekä vahinkokohteiden kunnostamisesta ja siistimisestä. Vahinkokohteittain tarkasteltuna kaupungin dokumentissa esitetyt, välttämättömien korjausten kustannukset olivat pieniä (kts. taulukot 18 - 20). Onkin ilmeistä, että

dokumenttiin ei kirjattu lainkaan työajan kustannuksia vaan ainoastaan materiaali-ym. hankintojen kustannukset. Lisäksi pitää ottaa huomioon 7 jätevesipumppaamon korjaamisesta aiheutuneet kustannukset.

Korjaus- ja kunnostustoimenpiteisiin tarvittu työajan kustannuksista sai käsitystä Vantaan Kuntatekniikan keskuksen vuosiraportin 2004 perusteella. Sen mukaan kadunpidon menot Vantaalla vuonna 2004 ylittivät 260 000 eurolla taloussuunnitelman mukaisen budjetin. Kuntatekniikan keskus perusteli Kaupunkisuunnittelulautakunnalle menojen kasvua pääasiassa kesän rankkasateiden aiheuttamien vaurioiden korjauksilla, ja lisäksi urakointikulujen nousulla (Vantaan Kaupunkisuunnittelulautakunta 2005a). Arviolta viidennes kustannusylityksistä johtui urakointikulujen noususta ja muista syistä. Tulvien aiheuttamien katu- ja tievaurioiden korjauksien osuus kustannusylityksistä oli siten suunnilleen 210 000 €. Työssä käytettiin tätä katu- ja tievaurioiden korjauksien työajan kustannuksena, vaikka se lienee liian pieni ottaen huomioon tehdyt korjaus- ja kunnostustyöt. Kokonaiskustannukset jaettiin eri kohteille vahinkojen laadun ja tiedossa olleiden korjaustoimenpiteiden perusteella.

Viheralueilla vahinkoja kohdistui useisiin vesiuomien varsien puistoihin sekä mm. matonpesupaikkaan, Heurekanrannan suihkulähteisiin ja Veinin myllyn tanssilattiaan. Puistojen ja muiden viheralueiden vahinkojen korjaamiseen käytetyn työajan kustannukset jouduttiin arvioimaan. Vahinkojen korjaamiseen kului arviolta ainakin 10 henkilötyökuukautta. Tästä aiheutui kuntatyönantajalle suunnilleen 40 000 € kustannukset.

Teille ja kaduille tulviva vesi hidasti merkittävästi liikenneverkon käyttäjien matkantekoa Vantaalla. Monin paikoin tiet oli jopa suljettava kokonaan liikenteeltä määräajaksi. Vahingot ja haitat aiheuttivat liikkujille hyvin paljon kustannuksia ylimääräisten matkakilometrien ja menetetyn ajan muodossa. Liikkujien matkanteko hidastui vahinkopaikkojen kohdalla poikkeusjärjestelyjen takia (pienet nopeudet, jonot ja ruuhkat), tai liikkujat joutuivat etsimään vaihtoehtoisia kulkureittejä ja kiertoteitä päästäkseen määränpäihinsä.

Liikenneväylien vahingoista ja käyttörajoituksista aiheutui autoilijoille, pyöräilijöille ja jalankulkijoille kustannuksia yhteensä noin 98 000 €. Niiden jakautuminen vahinkokohteiden välillä ilmenee taulukoista 18 - 19. Vastaavia kustannustietoja ei ole esitetty muissa tulvavahinkoja käsittelevissä raporteissa.

Ajoneuvokustannusten osuus kaikista liikenneverkon käyttäjien kustannuksista oli noin 42 000 €. Ne laskettiin Valtion matkustussäännön (Valtiovarainministeriö 2006) mukaisesti kilometrikorvauksiin tukeutuen. Kiertoteiden ajamiseen kuluneen ylimääräisen ajan arvo oli noin 33 500 €, ja ruuhkien aiheuttaman aikamenetyksen arvo oli noin 17 000 €. Pyöräilijöiden ja kävelijöiden aikamenetyksen kustannukset olivat noin 5500 €. Menetetyn ajan arvo laskettiin Tiehallinnon (2005) ohjeessa määriteltyjen matka-aikasäästöjen rahallisten arvojen (työ-, asiointi- tai vapaa-ajan matkan arvo) perusteella olettaen, että liikenne-ruuhkissa menetetty aika oli yhtä arvokasta kuin säästetty matka-aika.

Vahinko- ja haittakustannusten analysointi ja arviointi

Vantaan kaupungin alueesta vähän yli puolet kuului Keravanjoen valuma-alueeseen ja vähän alle puolet kuuluu Vantaanjoen valuma-alueeseen. Kuitenkin kai-

kista kesän 2004 tulvan aiheuttamista vahinko- ja haittakustannuksista Keravanjoen puolen osuus oli lähes kaksi kolmasosaa ja Vantaanjoen puolen osuus oli vain runsas kolmannes. Ero voi tietenkin johtua vain sattumasta, mutta toisaalta myös tulva oli Keravanjoessa voimakkaampi kuin Vantaanjoessa. Virtaama- ja vedenkorkeustietojen mukaan kesän 2004 suuruinen tulva toistuu tilastollisesti kerran 7 vuodessa Vantaanjoen (alajuoksulla) ja kerran 22 vuodessa Keravanjoessa. Vahinko- ja haittakustannusten erittely yhtäältä Vantaan- ja Keravanjokien pääuomien tulvimisen ja toisaalta sivu-uomien (purot ja ojat) tulvimisen aiheuttamiin kustannuksiin tuo esille mielenkiintoisen seikan. Kustannukset olivat suuremmat pienten vesiuomien varsilla yhteensä kuin pääuomien varsilla. Vantaan- ja Keravanjokien pääuomien tulviminen aiheutti noin 36 % kaikista vahinkokustannuksista, eli noin 120 000 €. Sivuuomien tulvimisen aiheuttamat vahinkokustannukset olivat noin 64 % eli noin 210 000 €.

Sateen määrä selittää osaltaan vahinko- ja haittakustannusten suhdetta Vantaan- ja Keravanjokien pää- ja sivu-uomien vaikutuspiirien välillä. Sademäärän perusteella voidaan arvioida, että kaupungin alueella sivu-uomien tulvien tilastollinen toistuvuus oli suunnilleen 45 vuodessa. Pienehköjen sivu-uomien tulvien suuruutta on perusteltua arvioida alueen sademäärien perusteella toisin kuin pääuomissa, joissa tulvan voimakkuus selviää yleensä mittauspaikkojen virtaus- ja vedenkorkeushavaintojen perusteella.

Heinäkuun lopussa satoi poikkeuksellisen paljon koko Vantaanjoen valuma-alueella. Ilmatieteen laitoksen mukaan alueella kertyneen sadesumman (155 mm 4 vuorokaudessa) toistuvuus on keskimäärin kerran 50 vuodessa (Myllys 2004, Suhonen 2006). Vantaan kaupungin alueella sateen voimakkuus oli hieman pienempi, noin 154 mm viidessä vuorokaudessa. Tämän sademäärän toistuvuus lie-nee noin kerran 40 vuodessa.

Vahinko- ja haittakustannusten sekä tulvien toistuvuustietojen perusteella voidaan verrata vahinkokohteita keskenään ja laskea kohteiden vahinko- ja haittakustannusten riskit vuositason kohdekohtaiset riskitiedot auttoivat mm. priorisoimaan kohteiden tulvankestokyvyn parantamistoimenpiteiden tärkeysjärjestystä. Kohteiden vuosittaisten riskikustannusten suuruuden perusteella voitiin myös valita kohteita tarkempaan kustannus-hyöty-analyysiin. Vahinko- ja haittakustannusten vuosiriski laskettiin seuraavasti:

vahinko- ja haittakustannusten vuosiriski = vahinko- ja haittakustannukset x tulvan toistuvuus

Liikenneverkon kohdekohtaiset vahinko- ja haittakustannukset on esitetty taulukoissa 18 - 19. Jokien pääuomissa tulvan toistuvuusluvut olivat 1/7 (max kerran 7 vuodessa, Vantaanjoki) ja 1/22 (Keravanjoki). Sivuuomien osalta toistuvuusluku-una käytetään sademäärän toistuvuutta, joksi edellä arvioitiin noin 1/40.

Taulukossa 17 on esitetty liikenneverkon eri kohteiden vahinko- ja haittakustannusten vuosiriskit Vantaan kaupungissa. Vuosikustannusriskit on laskettu kesän 2004 tulvan voimakkuuden ja liikenneverkon ongelmapaikkoihin liittyvien vahinko- ja haittakustannusten perusteella. Liikenneverkon kohteet ryhmiteltiin ja numeroitiin vuosikustannusriskin suuruuden mukaisesti. Tässä saatu vuosikustannusriski koko kaupungin alueelle saattoi olla kuitenkin liian pieni ajatellen todellisia vahinkomahdollisuuksia.

Periaatteessa vahinko- ja haittakustannusten vuosiriski vesistöalueella tai siinä olevan kunnan alueella tulisi laskea useamman tulvan perusteella. Mukana tulisi olla myös sellainen tulva ja sade, jotka ovat erittäin harvinaisia, ja joiden tilastollinen toistuvuus on luokkaa 1/250 tai 1/1000. Suurtulvassa vedenkorkeus uomissa nousee paljon ylemmäksi, vesimassojen virtaus on ajoittain nopeampi ja vesialue muodostuu paljon laajemmaksi kuin vuoden 2004 tulvassa Vantaan kaupungin alueella. Vasta tällainen suurtulva tuo esille kaikki mahdolliset vahinko- ja haittakohteet kunnan alueella. Siitä aiheutuvat vahinko- ja haittakustannukset saattavat olla niin suuria, että niiden perusteella laskettu vuosikustannusriski muodostuu suureksi huolimatta siitä, että tulvan toistuvuusluku on hyvin pieni.

Olisiko taloudellisesti perusteltua nostaa kautta linjan merkittävästi kesän 2004 vahinkokohteiden tulvankestävyyttä? Vai olisiko perusteltua tarkastella peruspäntämisen kustannus-hyöty -suhteita vain niiden vahinkokohteiden osalta, joilla on suurimmat vahinkokustannusriskilukemat? Pitäisikö päätöksenteon avuksi tehdä vielä lisää tarkentavia analyysejä vahinko- tai haittaherkimpien kohteiden osalta?

Taulukko 17 Kesän 2004 tulvan ja sen seurausten pohjalta lasketut liikenneverkon ongelmapaikkojen vahinko- ja haittakustannusten vuosiriskit (perustuvat osin arvionvaraiseen aineistoon).

vahinkopaikka, järjestys vuosikustannusriskin suuruuden perusteella	vahinkojen ja haittojen (osin laskennalliset) kustannukset yht. vuoden 2004 tulvassa, €	v. 2004 suuruisen tulvan toistuvuus vesistön tässä osassa (kerran XX vuodessa)	Vahinko- ja haittakustannusten vuosiriskit kesän 2004 tulvan perusteella
1. Solbackantie ja Peräjätie	n. 30 100 €	7 v.	n. 4 300 €/v
2. Ahoniityntie	n. 15 900 €	7 v.	n. 2 270 €/v
3. Ohratien silta	n. 44 500 €	22 v.	n. 2 020 €/v
4. Tikkurilantie, juna- radan alikulku	n. 17 600 €	22 v.	n. 800 €/v
5. Tapolan kevyen liikenteen väylä	n. 4 800 €	7 v.	n. 690 €/v
6. Savimaantie	n. 20 900 €	n. 40 v.	n. 520 €/v
7. Heidehofintie	n. 19 500 €	n. 40 v.	n. 490 €/v
8. Haapalantie	n. 18 900 €	n. 40 v.	n. 470 €/v
9. Kankuritie	n. 18 700 €	n. 40 v.	n. 470 €/v
10. Angervotien kevyen liikenteen silta	n. 18 000 €	n. 40 v.	n. 450 €/v
11. Raappavuorentie Kehä III:n alikulkukohta	n. 15 400 €	n. 22 v.	n. 390 €/v
12. Martinkyläntie ja Riihikuja	n. 12 900 €	n. 22 v.	n. 320 €/v
13. Rekolan asematunneli	n. 11 800 €	n. 40 v.	n. 300 €/v
14. Kivikkotie	n. 9 300 €	n. 40 v.	n. 230 €/v
15. Toivonrinne	n. 9 200 €	n. 22 v.	n. 230 €/v
16. Turvetie	n. 8 100 €	n. 40 v.	n. 200 €/v
17. Tikkurilantie, Kylmäojan alikulku	n. 7 500 €	n. 40 v.	n. 190 €/v
18. Osmanranta, ajosilta	n. 4 700 €	n. 40 v.	n. 120 €/v
19. Vantaankosken varikko	n. 3 200 €	n. 40 v.	n. 80 €/v

vahinkopaikka, järjestys vuosikustannusriskin suuruuden perusteella	vahinkojen ja haittojen (osin laskennalliset) kustannukset yht. vuoden 2004 tulvassa, €	v. 2004 suuruisen tulvan toistuvuus vesistön tässä osassa (kerran XX vuodessa)	Vahinko- ja haittakustannusten vuosiriskit kesän 2004 tulvan perusteella
20. Vainiontie	n. 1 500 €	22 v.	n. 70 €/v
21. Juoksutie	n. 1 700 €	n. 40 v.	n. 40 €/v
22 - 42. Muut kohteet, yht. arviolta 21 kpl	n. 31 000 €, n. 1500 €/kpl	n. 45 v.	n. 40 €/v kpl
Vahinkopaikat yhteensä	Vahinko- ja haittakustannukset yht. vuoden 2004 tulvassa n. 330 500 €	v. 2004 tulvan toistuvuus, Vantaan kaupungin alueen vesistö yhteensä n. 22,2 v.	Vuosiriski Vantaan kaup. alueen vesistöissä yhteensä n. 15 460 €/v

Yksistään vuosikustannusriskin suuruuden perusteella näyttäisi erityisen perustellulta suunnata liikenneverkon perusparantamisen resurssit taulukon 21 kohteiden 1 - 3 tulvankestävyyden parantamiseen. Näissä kohteissa vuosikustannusriskit olivat selvästi suuremmat kuin muissa liikenneverkon kohteissa. Toki erityisesti kohteessa 1 suuri vuosikustannusriski johtuu tulvan toistuvuusluvun suuruudesta, joten ennen päätöksentekoa olisi kenties syytä tarkistaa, oliko kesän 2004 tulvan toistuvuus todellakin 1/7 Vantaanjoen alajuoksulla.

Liikenneverkon perusparantamisen kohteiden valintaan vaikuttaa muitakin tekijöitä kuin kohteen vuosikustannusriskin suuruus. Perusparantamisen kustannukset ovat keskeisen tekijä. Analyysi- ja valintaprosessissa tarvitaan siis tulvankestävyyden nostamisen kustannus-hyöty -laskelmat kustakin kohteesta.

Taulukoissa 18 ja 19 esitettiin omissa sarakkeissa niitä toimenpiteitä, joita vahinkokohteissa tulisi tehdä, jotta kohteiden tulvankestävyydet nousisivat merkittävästi korkeammalle tasolle kuin millä ne olivat vuonna 2004. Toimenpiteet on poimittu Kuntatekniikan keskuksen katuosaston muistiosta (Ranta 2004). Muistiosta puhutaan sekä suurista että pienistä toimenpiteistä. Suuren kertaluokan toimenpiteistä ovat mm. siltojen ja teiden korottaminen. Pienempiä toimenpiteitä ovat mm. teiden ali kulkevien rumpujen vaihtaminen halkaisijaltaan suurempiin.

Rannan (2004) muistiosta ei puhuta mitään toimenpiteiden kustannuksista. Toimenpideluettelon perusteella nähdään kuitenkin, että kohdekohtaiset kustannukset olisivat pääosin varsin suuria. Yhteensä kustannusten suuruusluokka nousisi ilmeisesti 20 - 30 -kertaiseksi vuoden 2004 tulvan vahinko- ja haittakustannuksiin verrattuna, eli noin 6 - 9 miljoonaan euroon, jos kaikissa kohteissa toteutettaisiin tulvavahinkojen estämisen vaatimat toimenpiteet.

Pääjunaradan alikulku Tikkurilantiellä on haittaherkkä kohde yllätyksellisten vahinkojen sattuessa. Sen haittakustannusherkkyyttä tietyssä skenaariotilanteessa tarkastellaan seuraavassa luvussa (8.5.3) esimerkkitapauksena yllätyksellisistä vahinko- ja ongelmatilanteista. Muita vahinko- ja haittaherkkiä liikenneverkon kohteita lienevät mm. Raappavuorentie (kehä III:n alikulkukohta) ja Martinkyläntie (Riihikujan kohdalla) sekä Peltolantie ja Tikkurilantie Kylmäojan kohdalla. Näistä kaikista olisi varmastikin syytä tehdä vahinko- ja haittakustannusten herkkyyksianalyysit esimerkiksi tulvaskenaarioiden avulla.

7.4.3 Skenaario päätien vaurioitumisen kustannusvaikutuksista, case junaradan alikulku Itä-Vantaalla

Pääradan alikulun (Tikkurilantie) haavoittuvuus

Vuoden 2004 tulvassa Keravanjoen vesi nousi sadevesiviemäriä pitkin pääradan ali kulkevalle Tikkurilantielle Tikkurilassa. Pääradan alikulku oli suljettuna torstain ja perjantain välisen yön 29. - 30.7.2004. Sen jälkeen alikulku saatiin pidettyä auki pumppaamalla sinne kertyvä vesi ja sulkemalla jokeen laskevan sadevesiviemäriin venttiili (Ranta 2004).

Pääjunaradan alikulku Tikkurilantiella on haittaherkkä kohde yllätyksellisten vahinkojen sattuessa. Sen haittakustannusherkkyyttä tietyssä skenaariotilanteessa tarkastellaan luvussa **8.5.5?** esimerkkitapauksena yllätyksellisistä vahinko- ja ongelmatilanteista.

Tikkurilantie on keskeinen pääväylä itä-länsi -suuntaisessa liikenteessä Tikkurilassa sekä Hakkilan, Tikkurilan, Viertolan, Veromiehen ja siitä länteen päin olevien alueiden välillä. Tätä taustaa vasten on ymmärrettävää, että kesän 2004 tulvan pakottamana tehdyt liikenteen rajoitustoimenpiteet aiheuttivat kohtalaisen suuret vahinko- ja haittakustannukset, vaikka alikulku pysyi liikennöitävässä kunnossa yhtä yötä lukuun ottamatta.

Jälkikäteen voidaan sanoa, että kesällä 2004 olisi voinut syntyä hyvinkin suuri vahinko (liikennekaaos), jos alikulkuun olisi tullut enemmän vettä ja se olisi pitänyt sulkea kokonaan liikenteeltä. Ehkä jo seuraavassa suuremmassa tulvassa Keravanjoessa saattaa syntyä yllätyksellinen vahinko- ja ongelmatilanne, jos Tikkurilantiella junaradan alikulussa olevat sadevesiviemäreiden venttiilit pettävät, ja jos tietä ei pystytä enää pitämään liikennöitävässä kunnossa vettä pois pumppaamalla.

Skenaariossa käsiteltävä ongelmatilanne

Skenaariossa tarkastellaan yllättävästä teknisestä ongelmasta johtuvaa tulvavahinko- ja haittatilannetta Tikkurilantiella junaradan alikulussa. Skenaariossa oletetaan, että Keravanjoessa seuraavaksi tulevan suuren tulvatilanteen aikana junaradan alikulussa Tikkurilantiella olevat sadevesiviemäreiden venttiilit pettävät, ja tietä ei pystytä pitämään liikennöitävässä kunnossa vettä pois pumppaamalla. Tulvavesi estää kaiken liikenteen Tikkurilantiella junaradan ali yhden vuorokauden ajan.

Skenaariotilanteessa kuviteltavan tulvan toistuvuus on suunnilleen 1/40. Kesän 2004 tulvan toistuvuus oli kerran 22 vuodessa. Seuraavassa tarkastellaan tällaisen skenaarion haittavaikutuksia liikenteelle.

Tikkurilantien sulkeminen liikenteeltä monen päivän ajaksi aiheuttaisi erittäin suuria ongelmia ja haittoja ajoneuvoliikenteelle. Liikenneverkkoa tarkastelemalla nähdään helposti, että edessä olisi todennäköisesti liikennekaaosia alikulun länsipuolella Tikkurilassa ja itäpuolella Hakkilassa. Lisäksi sulun synnyttämä kierto-liikenne aiheuttaisi ruuhkia ja liikennekaoksen myös alikulun pohjoispuolella Hiekkaharjussa ja eteläpuolella Kehä III:lla.

Vaikutukset liikenteeseen voidaan täsmentää seuraavasti (sisältää myös haittakustannusten keskeiset laskentaperusteet):

- Tikkurilantietä normaalisti käytävä liikenne joutuisi ajamaan haittapaikan ohi kolmea vaihtoehtoista kiertoreittiä pitkin. Haittapaikan kiertämisessä eteläpuolelta olisi käytettävissä 2 reittiä. Ensimmäinen eteläpuolen ajoreitti kulkee Kanervatien, Heidehofintien, Kehä III:n, Tikkuritien ja Kielotien kautta, ja toinen kulkee Vanha Porvoontien, Kehä III:n, Tikkuritien ja Kielotien kautta. Haittapaikan kiertämisessä pohjoisen kautta olisi käytettävissä Urheilutien, Hiekkaharjuntien, ja Kielotien reitti.
- Liikennemäärät jakautuisivat suunnilleen puoliksi etelän reittien ja pohjoisen reitin välillä.
- Ylimääräinen liikenne etelän kiertoreiteillä aiheuttaisi pitkiä jonoja ruuhka-aikoina (molemmilla reiteillä keskimäärin 6 min aikahäviöt). Myös etelän kiertoreittien normaali liikenne joutuisi kärsimään näistä ylimääräisistä jonoista ja ruuhkista (kuitenkin Kehä III:lla vain se liikenne, joka käyttää em. reitteihin kuuluvia liittymiä).
- Pohjoisen reitillä koko liikenne menisi pahasti tukkoon Hiekkaharjussa ja Tikkurilan keskustassa ruuhka-aikoina ylimääräisten ajoneuvojen takia (keskim. 12 min aikahäviöt), ja siten myös alueiden normaali liikenne joutuisi kärsimään vastaavat aikahäviöt.

Tikkurilantien alikulkutien katkaisevan tulvan aiheuttamat haittakustannukset liikenteelle

Tikkurilantien liikenteen estyminen kokonaan junaradan alikulun kohdalla yhden vuorokauden ajan aiheuttaisi noin 100 000 € (suuruusluokka-arvio) haittakustannukset liikkujille. Summa osoittaa skenaariotulvasta johtuvien välittömien kustannusten suuruusluokan liikenteelle ja liikkujille. Ajoneuvoa kohti haittakustannusten arvo olisi hieman vajaa 1 €.

Haittakustannukset kertyisivät tässä luvussa edellän kuvattujen tapahtumien summana. Vuoden 2004 tulvan vahinkokustannusten perusteella voidaan olettaa, että skenaariotilanteessa vahinkokustannukset nousevat noin 10 000 euroon, jos alikulun rakenteet eivät vaurioidu. Skenaariossa vahinkokustannukset ovat siten vain noin kymmenesosa syntyvistä kokonaiskustannuksista.

Liikenneverkon käyttäjien haittakustannukset koostuivat kiertoteiden aiheuttamien ylimääräisten matkakilometrien kustannuksista sekä kiertoteillä, jonoissa ja ruuhkissa menetetyn ajan arvosta.

Tikkurilantien (junaradan alikulku) haittakustannusten arviointi

Tikkurilantien (junaradan alikulku) haittakustannusten vuosiriski on runsaat 2 750€/v. Taulukossa 22 on esitetty haittakustannusten vuosiriskin muodostuminen skenaarion kuvaamassa tilanteessa. Vuosikustannusriski on laskettu skenaarion kuvaaman tulvan voimakkuuden, veden pumppaamiseen ja Tikkurilantien kunnostamiseen sekä liikenteeseen liittyvien haittakustannusten perusteella.

Skenaariotapauksen osoittama Tikkurilantien (junaradan alikulku) vuosikustannusriski on melko suuri. Kun sitä verrataan taulukossa 18 esitettyjen Vantaan liikenneverkon vahinko- ja haittakohteiden vuosikustannusriskeihin nähdään, että se asettuisi koko listan toiseksi vuosikustannusriskin suuruudella mitattuna. Näin

ollen skenaario osoittaa selvästi, että Tikkurilantie (junaradan alikulku) pitäisi sijoittaa Vantaan liikenneverkon perusparantamisen kohdelistalle. Kuitenkin vasta muiden vahinko- ja häirtäherkkien kohteiden vastaavanlaisen tarkastelun jälkeen nähtäisiin, olisiko tämä kohde edelleen tulvankestävyyden parantamisen kohdelistan kärkipäässä vai olisivatko jotkin muut kohteet tärkeämpiä.

Taulukko 18. Tikkurilantiehen (junaradan alikulku) liittyvät vahinko- ja häirtäkustannukset ja niiden vuosiriski suurtulvaskenaariossa (perustuu valtaosin arvionvaraiseen aineistoon).

vahinkopaikka	vahinkojen ja häirtöjen (osin laskennalliset) kustannukset yht. skenaarion tulvassa, €	Vastaavan kokoisen tulvan toistuvuus vesistön tässä osassa (kerran XX vuodessa)	Vahinko- ja häirtäkustannusten vuosiriski skenaarion tulvan perusteella
Tikkurilantie, junaradanalikulku	n. 110 000 €	arviolta 40 v.	n. 2 750 €/v

Vahinko- ja häirtäkustannuslaskelmien keskeiset perusteet, oletukset ja yksikkökustannukset

Ajoneuvojen määrät teillä ja kaduilla keskimäärin selvitettiin Tiehallinnon liikennelaskentatietojen (Tiehallinto 2007) ja Vantaan yleiskaavan tarkistustyön liikennemääräselvityksen (Vantaan kaupunki ja Strafica Oy 2005) perusteella. Liikenneverkon vahinko- ja häirtäpaikkojen osalta selvitettiin kiertotiet kartalta. Kiertoteiden keskimääräinen pituus ja ylimääräiset matkakilometrit voitiin arvioida kohtuullisella tarkkuudella kartoilta. Kiertoteiden ajamisen ajoneuvokustannukset laskettiin Valtion matkustussäännön (Valtiovarainministeriö 2006) mukaisten kilometrikorvausten perusteella.

Katujen ja teiden käytön häirtäntymiset ja kiertoteiden käyttö hidastivat liikennettä ja aiheuttivat jonoja etenkin ruuhka-aikoina. Kustannuslaskelmiin sisällytettiin arviot jonoissa odottamisen aiheuttamista aikamenetyksistä. Kiertoteiden ajamisessa kuluneen sekä ruuhkissa menetetyt ajan arvo laskettiin Tiehallinnon (2005) ohjeessa määriteltyjen matka-aikasäästöjen rahallisten arvojen (työ-, asiointi- tai vapaa-ajan matkan arvo) perusteella olettaen, että kiertoteillä ja liikennekuuhkissa menetetty aika on yhtä arvokasta kuin liikenneverkon parantamiskohteiden avulla säästetty matka-aika.

Kustannusten laskeminen edellytti tietoja myös ongelmapaikkojen käyttörajoitusten ja -häirtöiden kestosta. Skenaarissa oletettiin junaradan alikulun käyttökielion kestäneen 6 vrk.

Liikenneväylien ongelmakohteet ja kustannusten laskentaperusteet on esitetty alla olevassa listassa

- Tikkurilantie, junaradan alikulku Tikkurilassa. Suurtulvan takia pääradan ali menevä tunneli oli suljettuna 6 vrk, koska Keravanjoen vesi pääsi sinne. Sen jälkeen tunneli saatiin käyttökuuntoon. Tarkastelutilanteessa ongelman kesto oli siis 6 vrk.,
- Kiertotiet etelän kautta joko Kanervatie-Heidehofintie-Kehä III-Tikkuritie-Kielotien tai Vanha Porvoontie-Kehä III-Tikkuritie-Kielotien kautta. Kiertoteistä keskimäärin johtuva ylimääräinen matka oli 2,5 km, aikamenetykset ruuhkissa 6 min, n. 7000 ajoneuvoa/vrk.

- Kiertotie pohjoisen kautta Urheilutietä, Hiekkaharjuntietä ja Kielotietä pitkin. Kiertotiestä keskimäärin johtuva ylimääräinen matka oli 1,5 km, aikamenetys ruuhkissa 12 min, n. 6500 ajoneuvoa/vrk.
- Kanervatie-Heidehofintien -reitin normaali liikenne, aikamenetys ruuhkissa 3 min, n. 6100 ajoneuvoa/vrk.
- Vanha Porvoontie-Kehä III -reitin normaali liikenne, aikamenetys ruuhkissa 3 min, n. 12200 ajoneuvoa/vrk.
- Kehä III:n liikenteestä se osa, joka käyttää Tikkuritien, Heidehofintien ja Vanha Porvoontien liittymiä, aikamenetys ruuhkissa keskimäärin 2 min, n. 34000 ajoneuvoa/vrk.
- Tikkuritie-Kielotien normaali liikenne, aikamenetys ruuhkissa 1 min, n. 20000 ajoneuvoa/vrk.
- Urheilutien ja Hiekkaharjuntien normaali liikenne, aikamenetys ruuhkissa 6 min, n. 7100 ajoneuvoa/vrk.
- Kielotien normaali liikenne, aikamenetys ruuhkissa 6 min, n. 13000 ajoneuvoa/vrk.

7.5 Muun infrastruktuurin tulvavahinkokustannukset

7.5.1 Talousveden laadun huonontumisen vahinko- ja haittakustannukset Riihimäellä vuonna 2004

Vuoden 2004 kesätulva aiheutti Riihimäellä talousveden laadun merkittävää heikkenemistä (talousveden pilaantuminen). Ongelmasta aiheutui suuria haittoja ja vahinkoja, ja sen hoitamiseksi tarvittiin paljon erilaisia toimenpiteitä. Seuraavassa kuvataan tapahtumasta aiheutuneita kustannuksia Riihimäellä. Tapahtuman kulua ja siihen liittyviä vahinkoja, haittoja ja tarvittuja toimenpiteitä on kuvattu edellä luvussa 6.3.1.

Riihimäen kaupungin koko huomioon ottaen tarkastelun tuloksina saatuja vahinkokustannustietoja voidaan yleistää kuvaamaan tällaisen vahingon kustannuksia keskiuudessa suomalaisessa kaupungissa. Laskelmissa käytettiin Suomessa yleisiä, keskimääräisiä yksikköhintoja, jos tiedossa ei ollut vahinkojen, haittojen ja toimenpiteiden tarkkoja (yksikkö)kustannustietoja Riihimäeltä. Tulokset pyrittiin saamaan mahdollisimman yleispäteviksi ajatellen niiden myöhempää hyödyntämistä.

Ongelmatilanne

Riihimäen Herajoen vedenottamon pohjavesi pilaantui tulvaveden noustessa vedenottamon kaivoihin kesällä 2004. Vesijohtoveden desinfiointi kloorilla aloitettiin heti kun pilaantuminen oli havaittu. Vettä kloorattiin 22.12.2004 asti, eli noin 4,5 kk.

Terveyskeskus antoi talousveden keittokehotuksen 3.8.2004 pohjaveden pilaantumisen takia. Keittokehotus kesti 1.9.2004 asti eli 30 vrk. Vesijohtoveden laatu palasi hyväksi vasta noin kolme kuukautta tulvan jälkeen. Siksi voidaan olettaa, että suuressa osassa kulutuspaikoista talousvesi ostettiin tai keitettiin paljon kauemmin kuin 30 vrk.

Riihimäen Vesihuoltolaitoksen mukaan keittokehotuksen piirissä oli noin 66 % laitoksen vedenmyynnistä (Riihimäen Vesihuoltolaitoksen johtokunta 2004b). Kuitenkin keittokehotusalueen laajuudesta vallitsi suurta epätietoisuutta käyttäjäkunnassa. Siksi voidaan olettaa, että noin 80 % Vesihuoltolaitoksen asiakkaista koki tarpeelliseksi noudattaa keittokehotusta.

Ongelmasta johtuvat haitta-, hankinta-, vahinko- ja toimenpidekustannukset

Talousveden pilaantumiseen liittyy yleensä ja myös Riihimäen tapauksessa todettu riski- ja uhkatilanne, jossa veden pilaantuminen saattaa synnyttää terveysongelmia veden käyttäjäkunnassa. Terveysriskin toteutumisen ehkäisemiseksi oli perusteltua ottaa käyttöön varotoimenpiteitä, kuten talousveden keittokehoitus, vaikka niistä aiheutuikin kustannuksia yksityisille ihmisille, yrityksille ja julkiselle sektorille. Näiden kustannusten lisäksi määräaikainen vesijohtoveden klooraus aiheutti kustannuksia niille tahoille, jotka olivat tottuneet laadukkaaseen käyttöveteen ja kokivat klooratun veden juoma- tai käyttökelvottomaksi.

Tämän selvityksen aikana ei löytynyt aineistoa, joka osoittaisi yllä mainittujen kustannusten suuruusluokan. Siksi tutkimuksessa muodostettiin mahdollisimman kattava ja hyvä mielikuva talousveden keittokehotuksen ja vesijohtoveden klooraamisen seurausvaikutuksista Riihimäellä, ja sen pohjalta laskettiin eri osapuolille kertyneet kustannukset. Laskelmien oletuksissa voi olla puutteita tai virheitä, mutta tästä huolimatta tutkimuksessa tehdyt arviot ja laskelmat osoittavat varmasti ainakin sen, minkä suuruusluokan kustannukset eri osapuolille aiheutui talousveden pilaantumisesta.

Vettä käytetään juomiin ja ruokiin kotona, työpaikoilla, laitoksissa ja ravitsemusliikkeissä. Vesijohtovettä käytetään myös raaka-aineena mm. elintarviketeollisuudessa, ja lisäksi sitä käytetään laitoskeittiöissä yms. ja teollisuudessa välineiden ja valmistustilojen pesemisessä. Esimerkiksi Valion Herajoen tehdas lisäsi käyttöveden laadun tarkkailua haittajakson aikana. Talousveden pilaantumisesta aiheutui siten haitta- ja hankintakustannuksia moninlaisille veden käyttäjärühmille. Kustannuksiin on myös perusteltua laskea mukaan ne summat, jotka kuluivat juomavedeksi ostetun lähdeveden tms. maksamiseen, koska 4,5 kk kestänyt klooraus aiheutti merkittävän laatuhaitan eli vesijohtoveden maun heikkenemisen. Talousveden pilaantuminen ja tilanteen korjaaminen synnytti myös vahinko- ja toimenpidekustannuksia Riihimäen Vesihuoltolaitokselle.

Talousveden käyttäjärühmille syntyi kustannuksia päivittäin tarvittun vesimäärän keittämisestä tai vastaavan puhtaan vesimäärän ostamisesta (kiireen tai vesijohtoveden kloorauksen aiheuttaman makuhaitan takia) sekä näihin toimiin kuluneesta ajasta. Kustannuslaskelmissa on oletettu, että haitan kesto aika oli yksi kuukausi kaikille käyttäjille ja sen jälkeen 1 - 3 kk osalle käyttäjistä, ja että noin 80 % Vesihuoltolaitoksen asiakkaista noudatti juoma- ja ruokaveden keittokehotusta. Toisaalta veden käyttäjärühmät saivat hyvitystä Riihimäen Vesihuoltolaitokselta talousveden laaturvirheen takia, joka siis pienensi käyttäjien kokonaiskustannuksia.

Riihimäen Vesihuoltolaitokselle koitui kustannuksia mm. veden laadun parantamisesta, selvityksistä ja suunnittelusta sekä investointikustannuksia vastaavien tulvaongelmien syntymisen välttämiseksi Herajoen vedenottamalla. Lisäksi Vesihuoltolaitos hyvitti aikaväliltä 28.7.2004 - 1.9.2004 keittokehotusalueen asiak-

kaitaan 25 prosentin alennuksella vedenkulutuksen käyttömaksusta talousveden laatuvirheen takia. Hyvitystä on käsitelty kustannuseränä Vesihuoltolaitokselle ja kustannuksien määrää pienentävänä tuloeränä veden käyttäjille tämän työn laskelmissa.

Vesiongelman koko vaikutusajalta laskettuna haitta-, hankinta-, vahinko- ja toimenpidekustannusten arvot olivat yhteensä noin 1 040 000 € tai 1 390 000 € riippuen vapaa-ajan arvon määrittämisestä. Laskelmien tulokset on esitetty taulukossa 19 ja eritelty seuraavissa kappaleissa. Laskentaperusteet ja yksikkökustannukset on esitetty sen jälkeen.

Taulukko 19. Talousveden pilaantumisesta aiheutuneet haitta- ja hankintakustannukset veden käyttäjille sekä tapahtumasta aiheutuneet vahinko- ja toimenpidekustannukset Riihimäen Vesihuoltolaitokselle.

KUSTANNUKSET YHTEENSÄ TALOUSVEDEN KÄYTTÄJILLE JA VESIHUOLTOLAITOKSELLE			
Talousveden käyttäjille aiheutuneet haitta- ja hankintakustannukset yhteensä 630 000 tai 990 000	Vesihuoltolaitokselle aiheutuneet vahinko- ja toimenpidekustannukset yhteensä 410 000	Talousveden pilaantumisesta aiheutuneet kokonaiskustannukset yhteensä 1 040 000 tai 1 390 000	
HAITTA- HANKINTAKUSTANNUKSET TALOUSVEDEN KÄYTTÄJILLE, suuruusluokat			
Yksityisille ihmisille (kotitaloudet) syntyneet kustannukset, riippuen vapaa-ajan arvon laskentaperusteista 275 000 tai 625 000	Yrityksille syntyneet kustannukset, ml. työajan palkka- ja sivukustannukset 255 000	Julkisen sektorin työpaikoilla ja laitoksissa syntyneet kustannukset 100 000	Talousveden käyttäjien haitta- ja hankintakustannukset yhteensä 630 000 tai 980 000
VAHINKO- JA TOIMENPIDEKUSTANNUKSET RIIHIMÄEN VESIHUOLTOLAITOKSELLE			
Välittömät toimenpiteet, selvitys- ja suunnittelukustannukset sekä asiakashyvitykset 80 000 + 140 000	UV-desinfiointilaitteiston hankinta Herajoen vedenottamolle 130 000	Herajoen vedenottamon suojaaminen pintavesivaikutuksilta 60 000	Kustannukset yhteensä Riihimäen Vesihuoltolaitokselle 410 000

Talousveden pilaantumisen aiheuttamat haitta- ja hankintakustannukset veden käyttäjiryhmille koko tarkasteluajana olivat suuruusluokaltaan 630 000 € tai 980 000 €. Pienempi summa saadaan, kun ihmisten vapaa-ajan arvo (0,038 €/min) on laskettu keskimääräisen kuukausieläkkeen (1100 €/kk) perusteella. Suuremmassa summassa on käytetty Tiehallinnon ohjeen (2005) mukaista ihmisten vapaa-ajan arvoa (0,12 €/min). Hankinta- ja haittakustannukset jakautuivat eri käyttäjiryhmille seuraavasti:

- kotitaloudet noin 275 000 € tai noin 625 000 € (eli 10 € tai 23 € per henkilö),
- työpaikat noin 275 000 €,
- laitokset noin 55 000 € ja
- ravitsemusliikkeet noin 25 000 €.

Laitosten osalta työssä tarkasteltiin kouluja ja päiväkoteja. Niihin kohdistuvat kustannukset olivat noin 35 000 €. Voidaan arvioida, että muihin laitoksiin Riihimäellä kohdistuvat kustannukset talousveden pilaantumisesta olivat noin 20 000 €.

Kustannukset jakautuivat yksityisten ihmisten, yritysten ja julkisen sektorin kesken. Tarkasteltaessa niitä kustannuksia, jotka kertyivät koko 1+3 kk pituiselta haittajaksolta yhteensä voidaan arvioida, että ne jakautuivat seuraavasti:

- Yksityisten ihmisten osuus oli noin 44 % (275 000 €) tai noin 64 % (625 000 €).
- Yritysten osuus oli noin 40 % tai noin 26 %.
- Julkisen sektorin osuus oli noin 16 % tai noin 10 %.

Yritysten osuuteen on laskettu 80 % työpaikoista, 20 % laitospaikoista ja kaikki ravitsemusliikkeet. Julkisen sektorin osuus on 20 % työpaikoista ja 80 % laitospaikoista.

Keittokehotuksen alaisena ajanjaksona talousveden pilaantumisen aiheuttamat haitta- ja hankintakustannukset veden käyttäjäryhmille olivat suuruusluokaltaan 205 000 € tai 355 000 € riippuen ihmisten vapaa-ajan arvon laskentaperusteista, eli noin 6 800 €/vrk tai 11 800 €/vrk. Kustannukset ensimmäiseltä 30 vuorokaudelta eri käyttäjäryhmille olivat seuraavat:

- kotitaloudet noin 60 000 € tai noin 210 000 € (eli 2 € tai 8 € per henkilö),
- työpaikat noin 100 000 €,
- laitokset noin 35 000 € ja
- ravitsemusliikkeet noin 10 000 €.

Syntyneistä kustannuksista yksityisten ihmisten osuus oli 30 - 60 %, yritysten osuus oli 47 - 27 % ja julkisen sektorin osuus oli 23 - 13 %.

Talousveden pilaantumisen aiheuttamat ja siihen liittyvät vahinko- ja toimenpidekustannukset Riihimäen Vesihuoltolaitokselle koko tarkasteluajana olivat suuruusluokaltaan 410 000 €. Kustannukset koostuivat laitoksen käyttömenojen lisäksi, asiakkaille annetuista hyvityksistä veden laatuvirheen takia ja Herajoen vedenottamoon tehdyistä tulvasuojelu- ja tulvavalmiusinvestoinneista.

Riihimäen Vesihuoltolaitos arvioi lokakuussa 2004, että kesän suurtulvasta aiheutui laitokselle 80 000 € käyttömenojen lisäystä. Osa siitä koostui veden laadun varmistamiseen ja seurantaan liittyvistä välittömistä toimenpiteistä, mutta suurempi osa johtui erilaisista selvitys- ja suunnittelukustannuksista (Riihimäen Vesihuoltolaitoksen johtokunta 2004c). Kustannuksia kertyi mm. seuraavista asioista:

- pohjavesikaivojen ja putkistojen veden laadun tehoseurainta noin 4 kk ajan, johon sisältyi mm. runsaasti ylimääräisten vesinäytteiden ottoa ja analysointia.
- vesijohtoveden klooraaminen noin 4,5 kk ajan veden juomakelpoisuuden varmistamiseksi.
- suunnitelman teettäminen koskien Herajoen vedenottamon suojaamista pintavesivaikutuksilta. Selvitysten mukaan tulvaveden nousu ja sitä seurannut pintaveden pääsy pohjaveteen osoitti, että ilman suunniteltuja toimenpiteitä vedenottoon kohdistuisi tulvariski tulevaisuudessakin.
- Herajoen vedenottamon UV-desinfiointilaitteiston hankinnan valmistelu.
- vesiongelman vaarojen ja riskien hallitsemisen yleiset järjestelyt ja toimenpiteet, mm. kattava tiedottaminen tilanteesta ja tarvittavista toimenpiteistä.

Riihimäen Vesihuoltolaitoksen johtokunta piti oikeudenmukaisena hyvittää keittokehotusalueen asiakkaita veden laatuvirheen vuoksi. Vesihuoltolaitos hyvitti aikaväliltä 28.7.2004 - 1.9.2004, joka vastasi 9,6 % vuosikulutuksesta päivien

luvulla laskettuna, keittokehotusalueen asiakkaita 25 prosentin alennuksella vedenkulutuksen käyttömaksusta talousveden laatuvirheen takia. Myönnetty alennus oli kuitenkin vähintään 5 euroa jos asiakkaan laskutus aikavälillä oli vähintään 5 euroa. Jos laskutus oli pienempi, oli hyvitys vastaavasti pienempi. Alennuksen suuruutta perusteltiin tiedoilla talousveden keskimääräisellä kulutuksella asukasta ja vuorokautta kohti sekä Porvoossa tehdyillä ratkaisulla vastaavanlaisessa tapauksessa. (Riihimäen Vesihuoltolaitoksen johtokunta 2004b)

Riihimäen Vesihuoltolaitoksen asiakkailleen myöntämä hyvitys veden laatuvirheen vuoksi oli kaikkiaan noin 142 000 € ilman arvonlisäveroa. Vesihuoltolaitoksen keskimääräinen vedenmyynti kuukaudessa oli noin 188 000 kuutiota vuonna 2004. Siitä keittokehotuksen piirissä (keittokehotusalue) oli noin 124 000 kuutiota eli noin 66 % kokonaisymyynnistä (Riihimäen Vesihuoltolaitoksen johtokunta 2004b). Näin ollen 25 % hyvitystä annettiin $35/30 \times 124\,000 \text{ m}^3$ eli noin 144 700 kuutiosta vettä. Asiakkailta perityn veden käyttömaksu oli $0,98 \text{ €/m}^3 + 22 \%$ alv vuonna 2004 kaupungin tilastokirjan mukaan (Riihimäen kaupunki 2005).

Riihimäen Vesihuoltolaitokselle kertyi runsaasti kustannuksia Herajoen vedenottamoon tehdyistä tulvasuojelu- ja tulvavalmiusinvestoinneista. Investointien käynnistäjänä oli kesätulva 2004, ja ne toteutuivat vuosina 2004 ja vuonna 2005. Investointikustannukset olivat ainakin 186 000 €, kuten seuraavasta ilmenee:

- Herajoen vedenottamolle hankittiin UV-desinfiointilaitteisto vedenlaadun hyvän tason varmistamiseksi mm. tulevia tulvatilanteita ajatellen. Laitteiston kustannusarvio oli 130 000 euroa. (Riihimäen Vesihuoltolaitoksen johtokunta 2004c)
- tulvaongelmien ehkäisemiseksi Herajoen vedenottamo suojattiin paremmin pintavesivaikutuksilta. Niiden arvioitu kustannus oli noin 20 000 € (Riihimäen Vesihuoltolaitoksen johtokunta 2004a).
- suunnitelma Herajoen vedenottamon suojaamisesta pintavesivaikutuksilta sisälsi mm. uuden kaivopisteen tutkimisen ja avaamisen. Uuden kaivopisteen koepumppauksen kustannusarvio oli noin 36 000 euroa (Riihimäen Vesihuoltolaitoksen johtokunta 2005a).

Kustannuslaskelmien keskeiset perusteet, oletukset ja yksikkökustannukset

Kustannuslaskelmiin liittyy monia oletuksia mm. ihmisten käyttäytymisestä kotona ja työpaikoilla, keittokehotuksen noudattamista, kloorauksen aiheuttaman makuhaitan vaikutuksista, ostetun veden hinnoista sekä työ- ja vapaa-ajan arvos-
tuserusteista. Seuraavassa on esitetty keskeisimmät laskentaperusteet:

- Käyttäjryhmistä on otettu huomioon kotitaloudet, työpaikat, laitokset ja ravitsemusliikkeet.
- Kotitalouksien osalta käyttäjryhmän muodostavat 80 % Riihimäen kaupungin 27500 asukkaasta.
- Työpaikoista käyttäjryhmän muodostavat Riihimäen kaupungissa olevat 12000 työpaikkaa.
- Laitoksista on tarkasteltu kouluja ja päiväkoteja, ja niiden pohjalta on arvioitu muita laitoksia.
- Ravitsemusliikkeistä on tarkasteltu ravintoloita, pubeja, baareja ja kahviloita. Laitosten ruokalot on rajattu ravitsemusliikkeiden ulkopuolelle, koska niitä tarkastellaan osana laitosten laskelmia.

- Käyttäjien on oletettu noudattaneen kattavasti, kullekin ihmiselle soveltuvalla tavalla talousveden keittokehotusta 30 päivän ajan saastevaaran pelossa tai kloorauksen tuoman makuhaitan takia.
- Tämän jälkeen, kloorauksen edelleen jatkuessa, keittokehotusta soveltuvien tavoin noudattavien määrä pieneni. Voidaan arvioida, että eri käyttäjäryhmissä noin 60 % noudatti sitä 60 vrk (30 + 30 vrk), noin 40 % noudatti sitä 90 vrk (30 + 60 vrk) ja 30 % noudatti sitä 120 vrk (30 + 90 vrk).
- Suositusten mukaan ihmisen pitää juoda runsaasti vettä tai vastaavaa juomaa päivittäin. Tässä on arvioitu, että jokainen ihminen juo päivittäin litran vesi-johtovettä tai vastaavaa juomaa. Kaupunkilaisista arviolta 75 % juo siitä puolet kotona ja puolet muualla (työssä, koulussa, päiväkodissa, ravitsemusliikkeessä jne.).
- Talousveden laadun huononeminen pakotti kahdesta syystä veden käyttäjät keittämään juoma- ja ruokaveden tai ostamaan kaupasta puhdasta vettä. Ensimmäinen syy oli talousveden pilaantumiseen liittyvien terveystarpeiden välttäminen. Toinen syy oli veden maun huomattava huononeminen, joka johtui vesijohtoveden kloorauksesta. Näistä toimenpiteistä syntyi käyttäjille paljon kustannuksia.
- Haitta- ja hankintakustannuslaskelmissa on otettu huomioon juoma- ja ruokaveden päivittäinen tarve, keittämiseen kulutetun sähkön hinta, ostetun veden hinta ja veden käsittelyyn (mm. keittäminen, jäähdyttäminen ja hankkiminen) kuluvan ajan arvo kuluttajille (laskennallinen arvo) sekä työajan arvo yksityisen ja julkisen sektorin työnantajille (keskituntipalkka + sivukustannukset).
- Ihmisten vapaa-ajan arvoa on vaikea laskea mm. erilaisten arvostusten takia. Työssä on käytetty kahta vaihtoehtoista arvoa. Ensimmäinen on 0,12 €/min, ja se vastaa Tiehallinnon (2005) ohjeellista vapaa-ajan arvoa matka-ajan säästö-laskelmissa. Toinen on 0,038 €/min, eli keskimääräinen kuukausieläke (1100 €/kk) jaettuna kuukauden ajalle, pl. nukkumiseen menevä aika (8 h).
- Sähkön hinta vaihtelee sähköyhtiöstä riippuen. Tässä kotitaloussähkön hinnaksi on arvioitu keskim. 9,5 snt/kWh. Sähkön hinnaksi työpaikoilla ja laitoksissa on arvioitu keskimäärin 6,5 snt/kWh.
- Veden hinta vaihtelee paikkakunnittain. Tässä on arvioitu, että yksi litra edullista lähdevettä maksaa kuluttajille keskimäärin noin 0,40 €/l ja työnantajille 0,15 - 0,25 €/l, kun yritysten, laitosten ja ravitsemusliikkeiden erilaiset hankintatavat otetaan huomioon.
- Kustannuslaskelmien yksityiskohtaiset perusteet, niissä käytetyt lähtötiedot ja oletukset sekä kustannuksia synnyttäneiden tekijöiden määrät, hinnat ja kesto on esitetty liitteellä R.

7.5.2 Talousveden laadun huonontumisen vahinko- ja haittakustannukset Jokelassa vuonna 2004

Tuusulassa vuoden 2004 kesätulva aiheutti suurimmat ongelmat ja vahingot Palojoen varsilla Jokelan suuralueella ja etelämpänä Kellokosken suuralueeseen kuuluvalla Terrisuon alueella. Tuusulän merkittävimmät rakennusvahinkokohteet sijaitsivat Palojoella Jokelan taajaman pohjoisosassa. Jokelassa oli myös talousveden laatuun liittyviä ongelmia. Seuraavassa tarkastellaan Jokelan alueen talousveden lievistä pilaantumisesta aiheutuneita kustannuksia.

Ongelmatilanteen syntyminen ja sen hallinta

Tuusulassa hyvälaatuisen talousveden toimittamisessa kuluttajille oli kaksi lyhytaikaista poikkeustilannetta kesällä 2004 Hyrylän ja Jokelan taajamissa. Poikkeustilanteet johtuivat *Escherichia coli* -bakteerien pääsystä käyttövesiverkostoihin. Hyrylän *Escherichia coli* -löydös oli yksittäistapaus, jonka alkuperää ei varmuudella saatu selville, ja joka ei edellyttänyt talousvedelle asetettavia käyttörajoituksia. (Tuusulan kunta 2005)

Jokelassa kesällä 2004 talousveden pilaantumisen (tai laadun alenemisen) aiheuttajaksi todettiin Keravanjoen tulvimisesta aiheutunut pintavesien suotaantuminen maaperän läpi Santakosken vedenottamon kaivoon. Jokelan taajamassa annettiin kuluttajille vajaan viikon kestänyt talousveden keittosuositus verkostovedestä löytyneiden *Escherichia coli* -bakteerien takia. (Tuusulan kunta 2005)

Talousveden pilaantuminen Jokelassa aiheutti haittoja ja vahinkoja, ja tilanteen hoitamiseksi tarvittiin erilaisia toimenpiteitä. Seuraavassa kuvataan vahingoista, haitoista ja toimenpiteistä aiheutuneiden kustannusten suuruusluokkaa tukeutuen niihin tietoihin, joita tutkimuksessa saatiin Riihimäellä tapahtuneesta vastaavantalaisesta, tosin vakavammasta ja paljon suuremmasta ongelmatilanteesta. Riihimäen tapahtumat on esitetty liitteessä A.

Ongelmasta johtuvat haitta-, hankinta-, vahinko- ja toimenpidekustannukset

Talousveden pilaantumiseen liittyy riski- ja uhkatilanne, jossa veden pilaantuminen synnyttää terveysongelmia veden käyttäjäkunnassa. Terveysriskin toteutumisen ehkäisemiseksi oli perusteltua ottaa käyttöön varotoimenpiteitä, kuten talousveden keittosuositus, vaikka niistä aiheutuikin kustannuksia yksityisille ihmisille, yrityksille ja julkiselle sektorille. Näiden kustannusten lisäksi määräaikainen vesijohtoveden klooraus aiheutti kustannuksia niille tahoille, jotka olivat tottuneet laadukkaaseen käyttöveteen ja kokivat klooratun veden juoma- tai käyttökelvottomaksi.

Työn aikana ei löytynyt aineistoa, joka osoittaisi yllä mainittujen kustannusten suuruusluokan. Siksi tutkimuksessa muodostettiin mahdollisimman kattava ja hyvä mielikuva talousveden keittosuosituksen ja vesijohtoveden klooraamisen seurausvaikutuksista Jokelassa, ja sen pohjalta laskettiin eri osapuolille kertyneet kustannukset. Laskelmien oletuksissa voi olla puutteita tai virheitä, mutta tästä huolimatta tutkimuksessa tehdyt arviot ja laskelmat osoittavat varmasti ainakin sen, minkä suuruusluokan kustannukset eri osapuolille aiheutui talousveden lievästä pilaantumisesta.

Vettä käytetään juomiin ja ruokiin kotona, työpaikoilla, laitoksissa ja ravitsemusliikkeissä. Vesijohtovettä käytetään myös laitoskeittiöissä yms. ja teollisuudessa välineiden ja valmistustilojen pesemisessä. Talousveden pilaantumisesta aiheutui siten haitta- ja hankintakustannuksia monille veden käyttäjärühmille. Kustannuksiin on myös perusteltua laskea mukaan ne summat, jotka kuuluivat juomavedeksi ostetun lähdeveden tms. maksamiseen, koska klooraus aiheutti merkittävän laatuhaitan eli vesijohtoveden maun heikkenemisen. Talousveden pilaantuminen ja tilanteen korjaaminen synnytti myös vahinko- ja toimenpidekustannuksia Tuusulan seudun vesilaitokselle.

Talousveden käyttäjryhmille syntyi kustannuksia päivittäin tarvittun vesimäärän keittämistä tai vastaavan puhtaan vesimäärän ostamisesta (kiireen tai vesijohtoveden kloorauksen aiheuttaman makuhaitan takia) sekä näihin toimiin kuluneesta ajasta. Kustannuslaskelmissa oletettiin, että haitan kesto aika oli kuusi päivää, ja että noin 70 % kuluttajista talousveden eri käyttäjryhmissä noudatti juoma- ja ruokaveden keittosuositusta.

Talousveden pilaantumisesta aiheutuneet haitta- ja hankintakustannukset veden käyttäjille olivat suuruusluokaltaan 9 000 € tai 14 000 € (eli 1 € tai 2 € per henkilö), riippuen ihmisten vapaa-ajan arvon määritysperusteista. Pienempi summa saadaan, kun ihmisten vapaa-ajan arvo (0,038 €/min) on laskettu keskimääräisen kuukausieläkkeen (1100 €/kk) perusteella. Suuremmassa summassa on käytetty Tiehallinnon ohjeen (2005) mukaista ihmisten vapaa-ajan arvoa (0,12 €/min). Käyttäjkustannuksista noin 65 -75 % kohdistui yksityisille ihmisille (kotitalouksille), ja loput kustannukset jakautuivat yritysten ja julkisen sektorin kesken.

Tuusulan seudun vesilaitokselle koitui todennäköisesti kustannuksia mm. veden laadun parantamisesta, selvityksistä ja suunnittelusta sekä investointikustannuksia vastaavien tulvaongelmien syntymisen välttämiseksi Santakosken vedenottamalla. Niitä ei kuitenkaan voitu selvittää tarkemmin tässä tutkimuksessa. Sen sijaan voidaan todeta, että Riihimäellä tapahtuneen vastaavanlaisen tilanteen johdosta Riihimäen Vesihuoltolaitokselle kertyi kustannuksia noin 130 000 € edestä erilaisista välittömistä toimenpiteistä, selvityksistä ja suunnittelusta sekä Herajoen vedenottamon suojaamisesta pintavesivaikutuksilta. Voidaan olettaa, että Tuusulan seudun vesilaitos selvisi pienemmillä kustannuksilla Santakosken vedenottamon ongelmatilanteen hoidosta.

Kustannuslaskelmien keskeiset perusteet, oletukset ja yksikkökustannukset

Laskelmia varten selvitettiin talousveden käyttäjryhmien koot Jokelassa, jotta Jokelan tapaus voidaan suhteuttaa oikein Riihimäen tapaukseen. Lisäksi kustannuslaskelmia varten tehtiin perusoletus, että Jokelassa väestö ja muut talousveden käyttäjryhmät reagoivat veden laadun heikkenemiseen samoilla tavoilla kuin Riihimäellä (mm. juomaveden keittämisen ja kraanavettä korvaavan lähdeveden ostamisen osalta). Kustannuslaskelmissa käytettiin myös samoja yksikköhintoja kuin Riihimäen tapauksessa.

Jokela oli yksi Tuusulan kolmesta suuresta taajamasta. Jokelan suuralueella asui noin 5470 ihmistä vuoden 2004 alussa (Tuusulan kunta 2004). Tilastojen perusteella (Tuusulan kunta 2007a) Jokelan suuralueen väkimäärä kasvoi vain vähän vuonna 2004, joten kesällä 2004 Jokelan asukasluku oli noin 5500. Tuusulan muut suuret taajamat olivat Hyrylä (noin 19 900 asukasta) ja Kellokoski (noin 4200 asukasta), ja noin kolmannes väestöstä asui näiden keskusten ulkopuolelle pääasiassa pientaajamissa vuoden 2004 alussa (Tuusulan kunta 2004).

Jokelan suuralue voitiin jakaa kahteen, hyvin erilaiseen alueeseen. Nämä olivat Jokelan kaava-alue (käytännössä varsinainen Jokelan taajama) ja suuralueeseen kuuluneet maaseutumaiset alueet. Suuralueen maaseutumaisilla alueilla yhteensä asui vuoden 2004 alussa 370 ihmistä ja lopussa 360 ihmistä. Maaseutumaisilla alueilla todennäköisesti osa taloista käytti oman kaivon vettä. Tutkimuksessa ei katsottu tarpeelliseksi selvittää näiden talojen määrää, vaan maaseutumaisien alueiden talousveden käyttö rajattiin kokonaan tarkastelun ulkopuolelle.

Väkimäärä Jokelan kaava-alueella oli 5100 vuoden 2004 alussa ja 5140 vuoden lopussa, joten väkimäärä kesällä 2004 oli suunnilleen 5120 ihmistä. Jokelan väestön ikäjakaumatietoja ei ollut saatavilla, joten ne arvioitiin koko kunnan tietojen perusteella. Siten Jokelan taajamassa (kaava-alueella) oli 1-6 -vuotiaita noin 450 ja 16 - 18 -vuotiaita oli noin 190 henkilöä. Laskelmissa oletettiin, että 1-6 vuotiaista noin 270 (60 %) oli päivähoidossa ja että 16 - 18 vuotiaista noin 120 (60 %) kävi päivisin työssä muualla kuin Jokelassa (muut 7 - 18 -vuotiaat viettivät vielä kesälomaa).

Tuusulassa oli kaikkiaan lähes 12 200 työpaikkaa vuonna 2004 (Tilastokeskus 2007a). Kyseisen tilaston mukaan niistä 962 (8 %) sijaitsi Jokelan suuralueella (niistä 24 oli maa- ja metsätalouden työpaikkoja). Kuitenkin tilastossa lähes 10 % Tuusulan työpaikoista oli sijoittamatta suuralueille. Jos niistä luetaan Jokelaan kuuluviksi sama osuus kuin oli Jokelan osuus alueellistetuista työpaikoista, ja vähennetään maa- ja metsätalouden työpaikkojen määrä, saadaan Jokelan työpaikkamääräksi noin 1150 vuonna 2004.

Riihimäellä talousveden keittokehoitus kesti 30 vuorokautta, eli noin viisi kertaa kauemmin kuin keittosuositus Tuusulan Jokelassa. Riihimäkeä koskevissa laskelmissa talousveden pilaantumisen aiheuttamista vahinko- ja haittakustannuksista oletettiin, että ongelma koski 80 % kaupungissa olevista ihmisistä, eli 22 000 ihmistä. Lisäksi oletettiin, että kotitalouksista 65 % keitti talousveden ja 35 % osti tilalle lähdevettä tms. sekä 80 % kaupungissa sijaitsevista työpaikoista ja laitoksista. Muut laskelmissa käytetyt oletukset ja yksikkökustannukset on esitetty yksityiskohtaisesti Riihimäen tapahtumaa käsittelevässä luvussa 7.5.1 ja liitteessä A.

7.5.3 Nissinojan tulviminen Karhuntassuntien rakennuskohteessa Keravalla vuonna 2004

Kesällä 2004 syntyi Nissinojalla tulvavahinkoja pääasiassa Keravantien pohjoispuolella. Seuraavassa kuvataan ilmeisesti suurinta tulvavahinkoa Nissinojalla ja siitä johtuneita kustannuksia, tukeutuen Keravan teknisen lautakunnan kokouspöytäkirjoissa 14.6.2005 ja 25.10.2005 esitettyihin tietoihin (Keravan tekninen lautakunta 2005a ja 2005b liitteineen).

Ratahallintokeskus rakennutti Keravan kaupunkirataa, ja työ oli kesken vuoden 2004 tulvan aikana. Urakoitsijana Karhuntassuntien alikulkutyömaalla toimi Megasiirto Oy. Keravalla junaradan alittava tie kulki Karhuntassuntie aallopin kautta. Samassa paikassa Nissinoja valui junaradan ali Karhuntassuntien alla olevassa rummussa. Poikkeusoloissa katualue toimi myös tulvareittinä.

Yllä kuvatulla tavalla tulvavesi muuttui yht'äkkiä jätevedeksi, josta Keski-Uudenmaan vesiensuojelun kuntayhtymä laskuttaa Keravan kaupunkia. Jäteveden lisälasku oli vähintään 54 300 €, mutta todellisuudessa se lienee ollut 56 000 - 57 000 €. Lisäksi asian selvittäminen aiheutti Keravan kaupungille henkilöstökustannuksia. Yhteensä kustannusten voidaan arvioida olleen 57 500 - 60 000 €. Kustannukset on esitetty taulukossa 20. Kustannusten laskentaperusteet on eritelty sen jälkeen.

Taulukko 20. Nissinojan tulvimisesta kesällä 2004 Karhuntassuntien aallopin (junaradan alikulun) työmaalla aiheutuneet vahinko- ja selvittelykustannukset.

NISSINOJAN TULVIMINEN KARHUNTASSUNTIENTEN AALLOPIN (ALIKULUN) TYÖMAALLA		
RIIDANALAISET KUSTANNUKSET	JULKISHALLINNON KUSTANNUKSET	KUSTANNUKSET YHTEENSÄ
Jäteveden lisääntymisestä aiheutuneet kustannukset	Selvittelystä aiheutuneet kustannukset Keravan kaupungille	Vahinko- ja selvittelykustannukset yhteensä
vähintään 54 300 todennäk. 56 000 - 57 000	3 200	57 500 n. 59 000 - 60 000

Keski-Uudenmaan vesiensuojelun kuntayhtymä laskuttaa Keravan kaupunkia meriviemäristä mitatun jätevesimäärän mukaan. Tehdyn selvityksen mukaan jätevesimäärät olivat nousseet huomattavasti tavanomaisesta sen seurauksena, että Karhuntassuntien aallopin purkujätteiden aikaansaamasta lammesta tulvavesi pääsi viemäreiden kautta meriviemäriin. Vesimäärät olivat alkaneet pudota jyrkästi heti, kun aukon tukkinut jäte poistettiin (Keravan tekninen lautakunta 2005a). Keravan kaupunki joutui siis korvaamaan kuntayhtymälle Nissinojasta meriviemäriin vuotaneet tulvavedet jätevesitaksan mukaisesti.

Jäteveden lisääntyminen meriviemäriissä aiheutti Keravan kaupungille vähintään 54 305 € (alv 0 %) lisäkustannuksen. Luku arvioitiin tukkeen aikaisen ja suurimman koskaan aiemmin mitatun jätevesimäärän erotuksena (223 479 m³). Tosiasiallinen jäteveden lisäys oli ollut tätä suurempi (Keravan tekninen lautakunta 2005a). Meriviemäriin tulvavesien määrää tulva-ajankohtana kuvaavan käyrän (Keravan tekninen lautakunta 2005b liite nro 72) perusteella on ilmeistä, että jäteveden määrän lisäys oli kaikkiaan noin 275 000 m³. Siten jäteveden lisääntyminen meriviemäriissä aiheutti Keravan kaupungille todennäköisesti noin 56 000 - 57 000 € lisäkustannuksen.

Lisäksi asian selvittäminen aiheutti Keravan kaupungille menoja henkilöstön palkkakuluina (Keravan tekninen lautakunta 2005a). Kaupungin henkilöstöltä kului aikaa asian selvittämiseen, neuvotteluihin ja muihin toimenpiteisiin, ja lisäksi kaupunginlakimies joutui valmistelemaan asian käsittelyä vahingonkorvausoikeudenkäynnissä. Niistä syntyi kaupungille noin 3200 € menoerä henkilöstökuluina (Keravan tekninen lautakunta 2005b).

Kaupungin näkemyksen mukaan Ratahallintokeskus ja urakoitsija olivat tuottamuksellaan aiheuttaneet vahingon, joka heidän tuli korvata kaupungille (Keravan tekninen lautakunta 2005a). Kaupunki ja Ratahallintokeskus kävivät asiasta neuvottelun, jossa Ratahallintokeskus myönsi rakennuttajana vastuunsa asiassa. Neuvottelun tuloksena vahingonkorvaussumma 57 495,46 euroa sovittiin puolitettavaksi kaupungin ja Ratahallintokeskuksen välillä. (Keravan tekninen lautakunta 2005b)

7.5.4 Muun infrastruktuurin tulvavahinkokustannukset muissa kunnissa

Hyvinkää

Hyvinkäällä tulvavesi aiheutti haittaa vesihuollon toiminnalle. Hyvinkäänkylän vedenottamo jouduttiin sulkemaan 31.7.2004, kun tulvavesi uhkasi nousta kuilu-kaivoon. Korvaavaksi raakavedenlähteeksi käynnistettiin Sveitsin pumppuasema. Hyvinkäänkylän vedenottamo otettiin jälleen käyttöön 16.9.2004. Vaikka vesijohtovesi ei pilaantunutkaan, aiheutti vedenottamon sulkeminen kustannuksia ja vedenlaatuongelmia. Putkistosta jouduttiin huuhtelemaan virtaussuunnan muutoksen seurauksena irronnutta sakkaa ja vesinäytteiden ottoa jouduttiin tihentämään vedenlaadun varmistamiseksi. Kuinka suuria kustannukset näistä toimenpiteistä olivat?

7.6 Muut tulvien vahinko- ja haittakustannukset

7.6.1 Muut tulvien vahinko- ja haittakustannukset Keravalla

Tutkimuksessa laskettiin ja arvioitiin rakennuksiin ja irtaimistoon sekä muihin tuotteisiin ja toimintoihin liittyvät tulvavahinkokustannukset. Vahinkokustannukset ovat kuitenkin vaillinaiset, koska tutkimuksessa ei ollut mahdollista hankkia tietoja vakuutusyhtiöiltä. Joitakin vakuutusyhtiöiden maksamia korvauksia tuli kuitenkin ilmi muiden tietojen yhteydessä.

Selvitettyjen ja arvioitujen vahinkojen perusteella näyttää siltä, että kesän 2004 tulvan muut tulvavahinkokustannukset kotitalouksille (tiedossa olevien 23 kiinteistön osalta) olivat *yhteensä vähintään 23 000 €* (tulvavahinkojen estäminen ja rajoittaminen sekä kotitalouksien puhdistus ja siivous).

A) Asuinrakennukset, joissa tulvavahingot aiheutuivat jätevesiviemäreiden tulvimisesta rakennuksiin ja jotka hyväksyttiin valtion tulvavahinkokorvauksen saajiksi

Tulvavahinkoarvioiden mukaan kaksi kiinteistönomistajaa anoi ja sai korvausta tulvan aiheuttamien vahinkojen estämisestä ja rajoittamisesta. Kustannukset tästä työstä olivat keskimäärin 800 € per korvauksen saaja (10 €/h), ja korvaukset olivat siitä 80 % eli 650 €.

- Vahinkokertomuksista ilmeni kuitenkin, että monet muutkin kiinteistönomistajat ja kotitalouksien henkilöt olivat tehneet vahinkojen estämis- ja rajoittamistyötä.

Lähes kaikista vahinkokertomuksista ilmeni, että kiinteistönomistajat (usein muiden kanssa) olivat puhdistaneet ja siivonneet viemäritulvan tuomaa jäteliettä usein jopa viikkotolkulla.

- Varovaisen arvion mukaan kotitalouksilla meni keskimäärin ainakin 100 tuntia tulvan jälkien puhdistus- ja siivoustyöhön. Vahinkoarvioissa käytetyn taksan mukaisesti tämä tarkoittaa vähintään 1000 € per kotitalous. Tästä työstä ei kuitenkaan maksettu korvauksia.

Kotitalouksien muut tulvavahinkokustannukset olivat yllä sanotun perusteella keskimäärin noin 1300 €. Näin ollen muut tulvavahinkokustannukset olivat yhteensä noin 10 100 € tässä kohderyhmässä.

B) Asuinrakennukset (vähintään 7 kpl), joissa tulvavahingot aiheutuivat jätevesiviemäreiden tulvimisesta rakennuksiin, mutta joiden omistajat eivät saaneet korvausta valtiolta

Todennäköisesti kiinteistönomistajien keskimääräiset muut vahinkokustannukset olivat samaa suuruusluokkaa kuin valtion tulvavahinkokorvauksen saajiksi hyväksytyissä kiinteistöissä (yllä kuvattu kiinteistöryhmä). Muut kustannukset koostuivat osin tulvavahinkojen estämis- ja rajoittamistyöstä ja osin kotitalouksien puhdistus- ja siivoustyöstä.

Muut vahinkokustannukset olivat todennäköisesti keskimäärin noin 1300 € per kiinteistö, ja siten kohteiden muut vahinkokustannukset olivat yhteensä arviolta 9000 €.

C) Asuinrakennukset (vähintään 8 kpl), joissa tulvavahingot aiheutuivat tulvavedestä, maan pinnalla virtaavasta sade- ja hulevedestä, hulevesiverkoston tulvimisesta tai em. syiden yhdistelmästä

Kotitalouksien muut tulvavahinkokustannukset olivat keskimäärin noin 600 €, ja siten muut tulvavahinkokustannukset olivat yhteensä noin 3200 € tässä kohde-ryhmässä.

- Tulvavahinkoarvioissa hyväksytyt kustannukset tulvan estämisestä ja rajoittamisesta olivat keskimäärin noin 100 €.
- Voidaan arvioida, että kotitalouksilla meni keskimäärin 50 tuntia tulvan jälkien puhdistus- ja siivoustyöhön. Vahinkoarvioissa hyväksytyt taksan mukaisesti tämä tarkoittaa 500 € per kotitalous.

7.7 Kunnille koituneet kustannukset kesän 2004 tulvista ja rankkasateista

7.7.1 Kustannukset Keravan kaupungin vesihuollon liiketoiminta-alueelle

- Heinäkuun lopun rankkasateista ja niiden synnyttämistä tulvista aiheutui Keravan vesihuollolle suunnilleen 100 000 € kustannukset. Koko kesän osalta sateiden ja tulvien aiheuttamat kustannukset vesihuollolle olivat suuruusluokaltaan 150 000 euroa.

Keravan viemäriverkosto on osaksi vanhaa, ja viemäriverkoston kunto oli paikoin huono. Keravalla vuotovesien kokonaismäärä viemäriverkostossa olikin noin 30 %, eli paljon suurempi kuin Järvenpäässä ja Tuusulassa. Myös kulutetun veden kokonaismäärä suhteessa käyttäjiin oli Keravalla oleellisesti suurempi verrattuna Järvenpäässä. Vuonna 2004 sateinen kesä ilmeisesti kasvatti vuotovesien määrää yli ennakoitua. Viemäriverkoston valui hyvin paljon vettä etenkin heinäkuun lopun rankkasateiden ja tulvan aikana, ja silloin huonokuntoiseen viemäriverkoston kohdistui paikoin kovia paineita. Todennäköisesti viemäriverkoston tuli tällöin vikoja enemmän kuin mihin oli varauduttu budjettia laadittaessa. Kokonaisuutena voitiin arvioida, että viemäriverkoston ylimääräisistä korjauskustannuksista ja suuresta vuotovesien määrästä aiheutui vesihuollon liiketoiminta-alueelle noin 50 000 - 60 000 euron edestä ennakoimattomia kustannuksia vuonna 2004. Siitä suuri osa johtui heinäkuun lopun rankkasateiden ja tulvan synnyttämästä viemäriverkoston kuormituspiikistä.

Pintavetenä tulviva sadevesi aiheutti lisäkustannuksia kun sitä pääsi jätevesiviemäriverkostoon. Keravan kaupunkiradan Karhuntassuntien alikulkutyömaalla tapahtui tämän tyyppinen vahinko Nissinojan tulvavesien päätyessä meriviemäriin (luku 8.5.3). Se aiheutti Keravan kaupungille vähintään 54 305 € (alv 0 %) lisäkustannuksen. Tosiasiallinen kustannus oli suurempi (Keravan tekninen lautakunta 2005a). Yleensä edellä mainittu ongelma koskee sekavesiviemärialueita, joita Keravalla oli varsin laajalti. Sekavesiviemäriin päässeet hulevedet kasvattivat turhaan jäteveden kokonaismäärää ja siitä seuraavaa laskua Keravan vesihuollolle. Keravan vesihuollon arvioitu nettotappio oli suurimmillaan heinäkuun lopun rankkasateiden ja tulvan jälkeen elokuun lopussa tehdyssä tilannearviossa (Keravan kaupunginhallitus 2004b). Tämä viittasi siihen, että kesän 2004 sateet ja erityisesti heinäkuun lopun rankkasateet ja tulvivat pintavedet kasvattivat kaupungin jätevesilaskua yhteensä arviolta 70 000 euron edestä (josta saatiin takaisin runsaat 27 000 € Ratahallintokeskukselta vuoden 2005 lopulla).

Heinäkuun lopun rankkasateet ja viemäriin valuva tulvavesi synnyttivät Keravalla viemäritulvia, jotka aiheuttivat vahinkoja yli 20 kiinteistössä. Ilmeisesti Keravalla luultiin aluksi, että kaupunki joutuisi vastaamaan ainakin osin viemäritulvien aiheuttamista vahingoista. Tämä selittäisi hyvin sitä, miksi Keravan vesihuollon arvioitu nettotappio oli suurimmillaan elokuun lopun tilannearviossa. Syyskuussa selvisi, että kaupunki ei ole vastuussa viemäri-vesivahingoista (Keravan tekninen lautakunta 2004a). Tämän jälkeen myös arviot vesihuollon toiminta-alueen budjettiylityksen suuruudesta alenivat 200 000 euron tasolta noin 150 000 euron tasolle.

Keravalla oli viemäritulvan aiheuttamia vahinkoja yli 20 kiinteistössä, ja 15 kiinteistöä jätti kaupungille korvaushakemuksen tulvan aiheuttamista vahingoista. Marraskuun puolivälin pöytäkirjasta (Keravan tekninen lautakunta 2004b) ilmenee, että kaupunki päätti myöntää tulvavahinkoja kärsineille kiinteistöille todellisten kustannusten mukaisia avustuksia kvv-suunnitelmien laatimiseen sekä osin tulvan torjumiseksi tehtävien kvv-laitteiden täydennys- ja saneeraustöihin. Karkealla tasolla voidaan arvioida, että avustuksiin ajateltiin kuluvan suunnilleen 20 000 €. Ilmeisesti nämä menoerät siirtyivät ainakin pääosin maksettavaksi vuoden 2005 aikana.

Laajemmin katsoen heinäkuun lopun rankkasateista ja tulvasta aiheutuneiden vahinkojen, haittojen ja tehtyjen toimenpiteiden kokonaiskustannuksia Keravan kaupungille ei ilmeisesti ole selvitetty. Edellä on kuvattu pääasiassa vesihuollolle koituneita kustannuksia. Kuitenkin ainakin seuraaviin tekijöihin ja asioihin liittyy myös kustannuseriä: päivystäjät, palomestarit ja palokunta, pumppujen lainaus, erilaiset työ- ja materiaalikustannukset, jälkiselvittely. Kaupungin henkilökunnan mm. heinäkuun lopun rankkasateisiin ja tulvaan kytkeytyneet toimenpiteet tehtiin virkatyönä, eikä rankkasateisiin ja tulvaan liittyviä kustannuksia seurattu erikseen.

7.7.2 Vantaan kaupungille koituneet kustannukset

Vantaan kaupungille kohdistui kaikkiaan suuruusluokalleen 450 000 € kustannukset vuoden 2004 heinä-elokuun taitteen tulvan ja rankkasateiden aiheuttamista vahingoista ja toimenpiteistä. Kaupungin kokonaiskustannukset kertyivät seuraavasti: tulviin liittyvien viranomaistoimintojen ylimääräiset työaikakustannukset noin 100 000 €, liikenneverkon vahinkojen kunnostaminen ja korjaaminen noin 230 000 €, viheralueiden kunnostaminen ja korjaaminen noin 50 000 €, pintave-

den tulvimisesta aiheutuneet vahingot perusparannuskohteissa ainakin 50 000 € ja tulvan aiheuttama pieni rakennusvahinko 10 000 €. Seuraavassa on esitetty tarkemmin tiedossa olevat ja tutkimuksessa lasketut ja arvioidut kustannuserät. Pääosaa niistä tarkastellaan laajemmin ja eri näkökulmista myöhemmissä luvuissa.

Vesistö-, pintavesi- ja viemäritulviin liittyvien viranomaistoimintojen ylimääräiset työaikakustannukset Vantaan kaupungille olivat arviolta 100 000 € ($\pm 30\,000$ €). Tulvatoimenpiteet kuormittivat mm. teknisen toimen, vesihuollon, ympäristöhoidon, terveysvalvonnan, maataloustoimen (ml. korvauksiin tarvittavat vahinkotarkastukset) ja tiedottamisen viranomaisia. Viranomaiset osallistuivat tulvien torjuntaan, vahinkojen syntymisen tai laajenemisen estämiseen, vahinkojen selvittämiseen ja tarkastamiseen, vahinkojen jälkihoitoon, riitojen ratkomiseen, kyselyihin vastaamiseen, liikenteen ohjaamiseen, huoltotoimiin, tiedottamiseen, jne. Valtaosin tehtävät olivat viranomaisille ylimääräisiä, varsinaisen työn ohella tai sijasta tehtäviä. Tehtävien ja toimenpiteiden hoidon vaatimista työaikakustannuksista löytyy vain hajanaisia tietoja eri julkaisuissa. Kokonaisuutena Vantaan kaupunkiin liittyen voidaan arvioida, että kyse on suuruusluokkaa 15 - 25 henkilötyökuukautta olevasta kustannuserästä, eli sivukustannuksineen arviolta 120 000 € ($\pm 30\,000$ €). Siitä valtaosa kohdistui Vantaan kaupungille ja pieni osa muille viranomaisille.

Rankkasateista tullut tulva- ja pintavesi nousi tai valui kaduille, teille ja muille liikennealueille sekä viheralueille eri puolilla Vantaata aiheuttaen vahinkoja liikenneverkon ja viheralueiden rakenteille. Liikenneverkon vahinko- ja haittakohteita oli ainakin 22 Vantaan kaupungin alueella (lisäksi pieniä vahinkoja siellä täällä), ja lisäksi viheralueiden vahinko- ja haittakohteita oli ainakin 15 (lisäksi pieniä vahinkoja siellä täällä).

Tutkimuksessa tehtyjen laskelmien ja arvioiden sekä kerättyjen tietojen perusteella liikenneverkon kunnostamisen ja välttämättömien korjausten työ- ja materiaalikustannukset olivat noin 230 000 € ja viheralueiden kunnostamisen ja korjaamisen työ- ja materiaalikustannukset olivat noin 50 000 €. Molemmat kustannuserät kohdistuivat Vantaan kaupungille. Pääosa kustannuksista johtui korjaamiseen ja kunnostamiseen käytetyn työajan kustannuksista (ml. sivukustannukset).

Kaupungille kertyi ajanjaksolta 29.7. - 31.8.2004 tulva- ja pintavesivahinkojen kunnostamisen ja korjaamisen materiaali- ym. hankintojen kustannuksina katujen ja teiden osalta noin 20 000 € ja viheralueiden osalta noin 10 000 € (Vantaan kaupunki 2004b). Vantaan Kuntatekniikan keskuksen mukaan kadunpidon menot Vantaalla vuonna 2004 ylittivät budjetin 260 000 eurolla. Menojen kasvua perusteltiin pääasiassa kesän rankkasateiden aiheuttamien vaurioiden korjauksilla, ja lisäksi urakointikulujen nousulla (Vantaan Kaupunkisuunnittelulautakunta 2005a). Siten voidaan arvioida, että vesiuoma- ja pintavesitulvien aiheuttamien katu- ja tievaurioiden korjauksien osuus kadunpidon kustannusylityksistä oli suunnilleen 210 000 €. Viheralueiden vahinkojen korjaamisesta aiheutui kaupungille työajan kustannuksina suunnilleen 40 000 €.

Vantaan kaupungin vastuulla olleissa rakennuksissa oli melko paljon kosteusongelmia vuonna 2004. Vantaan Tilakeskuksen mukaan useissa pienehköissä vuoden 2004 perusparannusohjelman kohteissa toteutuskustannukset olivat ylittäneet määräraharaukset mm. kosteusongelmista aiheutuneen työn laajenemisen vuoksi. Perusparannusohjelman ko. kohteiden kustannusylitykset olivat yhteensä

noin 0,4 milj. euroa (Vantaan Kaupunginhallitus 2004c). Kosteusongelmat olivat voineet johtua joko veden pääsystä rakenteisiin rakennusten käytön aikana tai vesivuodoista peruserantamisen aikana (työn alla oleviin kohteisiin oli päässyt vettä joko suoraan sateesta tai pintavettä oli valunut rakenteisiin).

Rakennusten käytön aikaiset vesivuodot ja -vahingot aikaansaavat yleensä pääosan kosteusongelmista. Toisaalta niihin osataan myös varautua peruserantamisen kustannusarvioita laadittaessa. Kesän 2004 sää oli varsin sateinen ja kostea. Siten voidaan arvioida, että ko. Vantaan peruserantamisohjelman kustannusylityksistä 0,2 - 0,3 milj. € johtui kohteiden riittämättömän sadesuojauksen aiheuttamista vesivuodoista. Niistä ehkä pääosa liittyi heinäkuun lopun rankkasateisiin ja niiden synnyttämiin pintavesitulviin. Lopputulokseksi näistä päättelyistä saadaan, että kustannusylityksistä suuruusluokaltaan 50 000 € johtui pintaveden tulvimisesta peruserantamiskohteisiin.

Korsossa tulvavesi rikkoi Ankkarokin pitopaikan rakenteita. Korjaamisen ja kunnostamisen kokonaiskustannukset olivat vajaat 10 000 €. Kohteen materiaali- ym. hankintakustannukset olivat vajaat 3000 € (Vantaan kaupunki 2004b) ja työajan kustannukset arviolta suunnilleen 5 000 €.

Vaskivuoren lukion/Myyrmäen yläasteen koulurakennusta korjattiin kesällä 2004. Heinäkuun lopun rankkasateissa rakennuksessa tapahtui vesivuotoja (Vantaan Kaupunginhallitus 2004b), ja vahinkojen kustannukset olivat arviolta 20 000 - 30 000 euroa. Tämän tapaisia sadevesivuotoja ei kuitenkaan pidetä tulvavahinkoina.

Vantaan kaupunki selvitteli jo varhaisessa vaiheessa vuoden 2004 tulvan aiheuttamia kustannuksia kaupungille. Vantaan kaupunginhallitukselle esitetyn arvion mukaan kaupungille aiheutuvat ylimääräiset kustannukset tulisivat olemaan noin 300 000 € maankäytön ja ympäristön toimen alueella (Vantaan Kaupunginhallitus 2004a). Pöytäkirjassa ei eritelty tai perusteltu kustannusarviota, vahinkokohteita, kustannusten kertymistä yms. Arvio oli tehty nopeasti, koska se esitettiin kaupunginhallitukselle jo parin viikon kuluttua tulvan jälkeen (16.8.2004). Arviota laadittaessa eivät vielä kaikki tulvan aiheuttamat vahingot ja niistä aiheutuneet kustannuserät olleet tiedossa. Nykyisten tietojen valossa tuolloinen arvio kaupungin kustannuksista oli noin 150 000 € eli vain kolmanneksen liian pieni.

7.7.3 Muiden kuntien kustannukset

RIIHIMÄKI

Riihimäen kaupungin osalta on tiedossa, että yksistään kaupungin omien kiinteistöjen osalta vuoden 2004 heinä-elokuun taitteen tulvan aiheuttamat kiinteistövahingot olivat noin 220 000 € (mm. Suhonen ja Rantakokko 2006). Nämä ja monet muut tulvan synnyttämät kustannukset jäivät kaupungin vahingoksi, koska kuntien kärsimät vahingot eivät kuulu tulvavahinkolain piiriin.

7.8 Tulvavahinkojen kokonaiskustannusten hahmottamisesta

Tulvien aiheuttamien kokonaiskustannusten selvittämistä vaikeuttaa suuresti se, että nykyisen vahinkoarviointiprosessin myötä julkiseen tietoon tulee vain osa vahinkotapauksista ja -kohteista. Tulvavahinkokorvauksia koskevan lain määräysten seurauksena korvausprosessiin päätyvät lähinnä vain vesistöiksi luokitel-

tujen vesiuomien varsilla ja välittömässä vaikutuspiirissä sijaitsevat tulvavahinkokohteet, jotka vaurioituvat ko. vesistöjen tulvien takia. Muut tulvavahingoiksi rinnastettavat vahinkotapaukset jäävät vain vahingonkäräjien ja vakuutusyhtiöiden välisiksi asioiksi.

Ei-vesistöiksi luokiteltujen pienten vesiuomien ja ojien tulvien seurauksena niiden vaikutuspiirissä voi olla paljonkin vahinkokohteita. Lisäksi riittävän pitkäaikaiset ja/tai voimakkaat rankkasateet synnyttävät pintavesitulvia etenkin alavilla maastoalueilla ja rinteiden alaosissa, mutta nämäkin tulvavahingot rajoittuvat korvausprosessin ulkopuolelle. Vain vahingonkäräjien ja vakuutusyhtiöiden välisiksi asioiksi jää myös eräistä muista syistä aiheutuneita, tulvavahingoiksi rinnastettavia vahinkotapauksia.

Vahinkoarviointiprosessiin liittyy myös paljon virhemahdollisuuksia vahinkojen suuruuden ja laajuuden arvioinnin osalta. Tulvavahinkojen ja niiden korjaamisen kustannusarviot pohjautuvat hakijan (vahingon käräjien) selvitykseen. Selvityksen tekemisessä hakijaa saattaa avustaa vahinkoarvioinnin asiantuntija, mutta usein avustaja ei ole vahinkoarvioinnin asiantuntija.

Esimerkiksi vajavainen rakennusten ja rakenteiden vahinkoarvioinnin asiantuntemus johtaa siihen, että korvaushakemukseen kirjautuvat usein vain näkyvissä olevat ja verrattain helposti havaittavat vauriot. Sen sijaan vaikeammin havaittavat vauriot sekä vasta pidemmällä aikavälillä vaikuttavat vahinko- ja vauriotekijät jäävät helposti havaitsematta ja pois vahinkoraporteista.

Tulvan aiheuttamat haitat tai esteet erilaisten toimintojen suorittamiselle jäävät useimmiten kirjaamatta tapahtumapaikoilla tehtäviin raportteihin.

Lopputuloksena edellä sanotusta vahinko-, vaurio- ja haittaraportit sekä korvaushakemukset sisältävät pääasiassa tietoja vain välittömistä vahingoista ja korjauskustannuksista. Niissä yleensä ei ole tietoja muista kustannuksista synnyttäneistä tapahtumista (kuten tulvan aiheuttamista liikenne- ym. haitoista) tai arvioita pitkällä aikavälillä vaurioita ja korjauskustannuksia synnyttävistä tekijöistä.

Suomessakin voitaisiin tehdä esimerkiksi saksalaista käytäntöä vastaten (mm. Kron 2007) kaikista yksittäisistä tulvavahingoista ja -haitoista hyvään asiantuntemukseen tukeutuvat vahinko-, vaurio- ja haittaselitykset. Tällöin tulvien aiheuttamia kokonaisvaikutuksia ja -kustannuksia voitaisiin arvioida kattavasti ja oikealla tasolla myös koko tulva-alueen osalta. Tähän mennessä tällaisia vahinko-, vaurio- ja haittaselityksiä ei ole tehty juuri lainkaan.

Tässä luvussa yritetään vaatimattomasti vain listata ja hiukan luonnehtia niitä vahinkotyyppisiä, jotka pitäisi ottaa huomioon tulvavahinkojen kokonaiskustannuksia määriteltäessä ja laskettaessa.

Tulvavahinkojen kokonaiskustannuksia arvioidessa pitää yhtäältä tunnistaa ne vahingonkäräjät ja muut toimijat, joille tulva ja sen vaikutukset aiheuttavat vahinkoja, haittoja, ylimääräistä työtä tai muita kustannuksiksi laskettavia menoeriä. Toisaalta on pyrittävä erittelemään tulvan ja sen seurannaisvaikutusten synnyttämät kustannustekijät, jotka laskenta- ja arviointimenetelmässä tulisi ottaa huomioon.

Kustannustekijöitä ovat luonnollisesti tulvassa ja sen seurauksena syntyneet vahingot ja haitat. Lisäksi kustannustekijöitä ovat eri tahojen tulvaan ja tulvavai-
kutuksiin tavalla tai toisella liittyvästä (tulvan aikaisesta ja sen jälkeisestä) toi-
minnasta aiheutuneet kustannukset (mm. tulvatorjuntatyö, vahinkojen korjaustyö).

Seuraavassa esitetään alustava listaus vahingonkärsijöistä ja muista toimijoista sekä huomioon otettavista kustannustekijöistä (taulukko 21). Kustannustekijät on ryhmitelty sen mukaan, mille tahoille (keille) syntyneet kustannukset ensisijaisesti kohdistuvat. Eri toimijatahojen kohdalla on esitetty pääasiassa vain suurempaa merkitystä omaavat kustannustekijät. Tässä vaiheessa listaus on alustava, ja sitä pitää täydentää myöhemmin. Tulvien aikana vettä nousee usein teille niin paljon, että tiet on suljettava liikenteeltä tilapäisesti (esim. 1-3 vrk). Teiden käytön estyminen synnyttää seuraavanlaisia haittoja ja haittakustannuksia, joiden suuruuden mittaaminen tai arviointi tai edes suuruusluokan määrittäminen on usein hyvin hankalaa ja jää monesti kokonaan tekemättä:

- Liikkujille aiheutuu ylimääräisiä haittoja (aika, kiire, jne.), ja haittakustannuksia (polttoaine, energia, jne.), koska liikkujat joutuvat etsimään vaihtoehtoisia kulkureittejä tavoittelemiinsa määränpäihin.
- Joskus teillä liikkujilla ei ole lainkaan käytettävissä vaihtoehtoisia kulkureittejä, ainakaan kohtuullisin toimenpitein. Tällöin kulkeminen määränpään estyy kokonaan. Turha edestakainen liikkuminen aiheuttaa näille liikkujille kaksinkertaisia haittoja ja haittakustannuksia (polttoaine, energia, aika, jne.).
- Kun liikkuminen suunniteltuun määränpään estyy kokonaan, myös määränpäässä tapahtuvaksi aiottu toiminta jää toteutumatta. Menetykselle pitäisi määrittää ainakin laskennallinen haittakustannus myös siinä tapauksessa, että kyseessä olisi periaatteessa ei-rahallinen toiminta, kuten ihmisten tapaaminen

Taulukko 21. Tulvavahinkojen kohteeksi altistuvat muut toimijat.

Toimijatahot/kustannusten (ensisijaiset) maksajat	Vahingot ja haitat, tulvaan ja -vaikutuksiin liittyvät toiminnot
Yksityiset ihmiset ja kotitaloudet	Kiinteistöjen kokonaisvahingot, Asumiskelvottomuuden kustannukset, Rakennusten purkutapaukset, Irtaimistovahingot, Sähkön- ja vedenjakelukatkosten seuraukset,
Asunto- ja kiinteistöyhtiöt	Kiinteistöjen kokonaisvahingot, Irtaimistovahingot, Asumiskelvottomuudesta johtuvat kustannukset, Sähkön- ja vedenjakelukatkosten seuraukset,
Maatalousyrittäjät	Kiinteistöjen kokonaisvahingot, Irtaimistovahingot, Sähkön- ja vedenjakelukatkosten seuraukset,
Yritykset	Kiinteistöjen kokonaisvahingot, Irtaimistovahingot, Sähkön- ja vedenjakelukatkosten seuraukset, Yritystoiminnan häiriintyminen tai estyminen,
Julkiset liikelaitokset	Kiinteistöjen kokonaisvahingot, Irtaimistovahingot, Sähkön- ja vedenjakelukatkosten seuraukset,
Osuuskunnat - Vesiosuuskunnat - Tieosuuskunnat	Pohjaveden ja/tai vesijohtoveden pilaantuminen, Sähkön- ja vedenjakelukatkosten seuraukset, Putkistojen kunnostus,
Kunnat - tekninen toimi - vesilaitokset - ympäristötoimi - sosiaalitoimi - terveystoimi - tiedotustoimi - korvaushakemusten käsittely	Kiinteistöjen kokonaisvahingot, Irtaimistovahingot, Sähkön- ja vedenjakelukatkosten seuraukset, Pohjaveden ja/tai vesijohtoveden pilaantuminen, Putkistojen kunnostus,
Tienpitäjät	Kadut, Asfaltoidut tiet, Soratiet, Kevyen liikenteen väylät, Liikenneverkoston reikiintyminen, Päälystevauriot, Tierumpujen vauriot,
Ympäristökeskukset	Sähkön- ja vedenjakelukatkosten seuraukset,
Poliisi	Sähkön- ja vedenjakelukatkosten seuraukset,
Pelastusviranomaiset	Sähkönjakelukatkosten seuraukset,
Muut viranomaiset - TE-keskukset - Maa- ja metsätalousministeriö - Puolustusvoimat	Kiinteistöjen kokonaisvahingot
Muut mahdolliset tahot - -	- -

- Veden tulviminen tielle aiheuttaa, paitsi hankaluuksia ja ongelmia teiden käyttäjille, myös vaaratilanteita ja onnettomuuksia. Etenkin raskaan liikenteen kohdalla riski mittavasta onnettomuudesta veden peitossa olevilla teillä kasvaa huomattavasti.

Mitkä ovat liikennevahinkojen kokonaiskustannukset? Tulvavesi saattaa peittää ajotien, ja veden peitossa olevalla tiellä tapahtuu verrattain helposti ajoneuvojen vaurioitumisia tai jopa liikenneonnettomuuksia. Esimerkiksi kesän 2004 tulvassa

Vöyrillä ainakin kolme kuljettajaa ajoi autonsa vesimassojen virtauksesta syntyneisiin kuoppiin, mistä autoille aiheutui mittavia vahinkoja.

Kuntien toimihenkilöiden työstä aiheutui laskennallisia kustannuksia (menetetty työaika, palkkakustannukset, ylityöt, ostetut palvelut, jne.), eikä niitä ole arvioitu. Esim. Pohjanmaan tulva-alueella kesällä 2004 rakennusten vahinkoarviointeja tehtiin rakennustarkastajan ja konsultin toimesta. Yksistään Vöyrin kunnassa arviointeihin upposi 4 viikkoa tehokasta työaikaa viideltä hengeltä. Ennen itse arviointia kesti kolme viikkoa selkeyttää se, miten arvioinnit tehtäisiin. (Raivio ym. 2005)

Kunnissa on moninainen joukko eri tahoja, joiden rooli torjunta-, tiedotus- ja huoltotoimissa on sekä merkittävä että tilanteen jälkihoidon kannalta oleellinen. Näistä voidaan mainita ainakin seuraavat:

- tekninen toimi, erityisesti yhdyskunta- ja rakennustekniikka
- vesihuollosta vastaava vesihuoltolaitos ja mahdolliset alueen yksityiset vesiosuuskunnat
- kunnan ympäristöviranomaisen
- kunnan sosiaali- ja terveystoimikunnat
- kunnan tiedotusvastaava
- korvaushakemuksista vastaava maaseutusihteeri

Kaikki mainitut tahot joutuvat tulvatilanteissa ja jälkihoidossa tekemään monenlaisia tehtäviä, jotka tulevat oman varsinaisen toiminnan ”päälle”. Tästä aiheutuvat kokonaiskustannukset?

Mitkä ovat evakuointien yms. kokonaiskustannukset? Olisi varauduttava ihmisten evakuointiin. Esim. kesällä 2004 Pohjanmaalla suurin osa evakuoinnin tarpeessa olevista toimi itsenäisesti ja muutti väliaikaisesti sukulaisten tai tuttavien luokse, muutamia henkilöitä siirrettiin vanhainkotiin ja kunta tarjosi vapaana olevia vuokra-asuntojaan käyttöön.

Tulvan aiheuttama sähkökatko on suuri riski niin paikallisesti kuin laajemmin. Kesän 2004 tulvassa tämä riski toteutui paikallisesti ja verrattain lyhytaikaisesti Riihimäellä. Sähkökatko aiheuttaa hyvin suuria ongelmia kaikilla yhteiskunnan lohkoilla, koska niin monet toiminnot tarvitsevat sähköä toimiakseen. Sähkökatko mm. estäisi myös verkkosähköllä toimivien pumppujen käytön, ja se aiheuttaisi monimuotoisia ongelmia jätevesipumppaamojen toiminnan lakatessa (Raivio ym. 2005).

Vedenottamoiden tulvavahinkoihin liittyvä suuri potentiaalinen ongelma on juomaveden pilaantumisesta johtuva epidemiamahdollisuus. Kesän 2004 tulvassa tämä riski toteutui laajamittaisesti Riihimäellä ja paikallisesti Nurmijärvellä.

Terveysriskien syntymisen ennaltaehkäisemisen ja terveysriskeihin varautumisesta aiheutuu kustannuksia yksityisille ja yrityksille Tulvan aiheuttamia terveysriskejä syntyy ennen kaikkea pilaantuneesta talousvedestä. Tämä on todellinen ongelma sekä yksityisille asukkaille että elintarviketuottajille ja -teollisuudelle.

Esimerkiksi kesällä 2004 sekä Pohjanmaalla että Riihimäellä elintarviketeollisuuden kohdistui haittoja. Vaikka itse teollisuusrakennukset eivät sinänsä olleet todellisen tulvauhan edessä, raaka-ainekontrollia tehostettiin. Valion Herajoen

tehdas lisäsi käyttöveden laaduntarkkailua ja Vöyrillä sijaitseva Milka-juustola lisäsi maidon laaduntarkkailua.

Tulvan aiheuttamiin terveystriskeihin liittyvän viranomaiskontrollin ja varautumisen kustannuksia ei ole arvioitu.

Mikä on poliisin ym. toimihenkilöiden työaika ja (laskennalliset) palkkakustannukset? Tulvan aikana riski mittaavasta onnettomuudesta etenkin raskaan liikenteen kohdalla kasvoi huomattavasti ja tästä syystä panostettiin erityisesti liikenteen ohjaamiseen ja kiertoteiden valintaan.

Puolustusvoimillekin syntyy kustannuksia. Puolustusvoimat on varteenotettava yhteistyötaho tulvien torjunnassa. Esimerkiksi kesällä 2004 puolustusvoimien virka-apua hyödynnettiin tuloksellisesti Riihimäellä.

Miten luonnon saastuttaminen pitäisi arvottaa rahassa? Kesätulvan 2004 aikana Vantaanjoen vesistöön jouduttiin päästämään jätevedenpuhdistamoilta ja -pumppaamoilta sadeveden laimentamaa jätevettä Riihimäen, Hyvinkään ja Nurmijärven jätevedenpuhdistamoilta yhteensä 25 000 m³, ja suoraan verkostosta ylivuotojen kautta noin 320 000 m³. Lisäksi Helsingistä johdettiin suoraan Vanhan-kaupunginlahteen noin 50 000 m³ puhdistamattomia jätevesiä.

8 Korvaukset tulvavahingoista

8.1 Tulvavahinkokorvauksiin liittyviä puutteita ja ongelmia

Yleistietoja tulvavahinkojen korvauslaeista

Korvauksien maksamisesta on säädetty laki poikkeuksellisten tulvien aiheuttamien vahinkojen korvaamisesta (284/1983). Lain perusteella voidaan korvata enintään 80 % tulvavahingoista, jotka ovat aiheutuneet rakennuksille tai rakennelmille, välttämättömälle kotitalousirtaimistolle, ammatin harjoittamisessa valmistuneille tuotteille ja siinä tarvittavalle irtaimistolle, yksityisteille, silloille, ojille tai penkereille, kasvavalle puustolle sekä maatalous- ja puutarhatuotteille, mikäli korvauksista ei säädetä laissa satovahinkojen korvaamisesta (1214/2000). Satovahinkokorvauksia voidaan maksaa tässä laissa säädetyin poikkeuksin viljelijälle, jolla on viljelyksessä vähintään kolme hehtaaria peltoa tai vähintään puoli hehtaaria avomaan puutarhakasvien tuotantoa.

Korvausten edellytyksenä on, että kyseessä on poikkeuksellisen suuri vesistötulva. Käytännössä toistuvuudeltaan keskimäärin kerran 20 vuodessa esiintyvää tulvaa pidetään poikkeuksellisena, mutta ratkaisussa tulee ottaa huomioon mm. paikalliset olosuhteet ja tulvan kesto.

Vesilain (264/1961) 12 luvun 19 §:n mukaan voi alueellinen ympäristökeskus hakea ympäristölupavirastolta väliaikaista poikkeamislupaa voimassa olevien lupaehtojen vastaiseen juoksutukseen, jos tulvavesi uhkaa aiheuttaa yleistä vaaraa ihmisen hengelle tai terveydelle tai suurta vahinkoa yksityiselle tai yleiselle edulle. Poikkeamisluvan hakemiseksi alueellinen ympäristökeskus tarvitsee maa- ja metsätalousministeriön suostumuksen. Ympäristölupaviraston määräämien välttämättömien väliaikaisten toimenpiteiden aiheuttamat vahingot korvataan val-

tion varoista. Korvattavana vahinkona ei kuitenkaan pidetä vesivoiman menetyksestä aiheutuvia edunmenetyksiä. Saman pykälän mukaan myös luvanhaltija voi saada luvan poiketa lupaehdoista, jos esimerkiksi tulvan tai supon aiheuttama erityistilanne sitä vaatii. Toimenpiteistä aiheutuva haitta, vahinko tai muu edunmenetyksen on hakemuksesta korvattava.

Arviointitietojen hajanaisuus

Tutkimuksessa kerättiin tietoja pääasiassa Vantaanjoen vesistöalueen vuoden 2004 kesätulvan synnyttämistä vahingoista rakennuksille, kiinteistöille ja infrastruktuurille sekä vahinkojen rahallisista suuruuksista.

- Läpikäytyjen aineistojen perusteella vaikutti siltä, että tiedot vahingoista olivat monin osin hajanaisia ja että erityisesti tiedot vahinkojen kustannuksista olivat varsin vähäisiä ja sekalaisia.
- Vaikuttaa siltä, että viranomaisilla tai muilla tahoilla ei ollut kattavaa ja yhdenmukaista tietoa vahinkojen ja haittojen (kokonais-)kustannuksista, jotka olivat aiheutuneet Vantaanjoen vesistön tulvimisesta vuonna 2004.

Tulvavahinkotietojen hajanaisuus ja vähäisyys vaikeuttivat merkittävästi sekä tulvien aiheuttamien taloudellisten menetysten arvioimista että kokonaiskäsityksen muodostamista tulvavaikutuksista.

Tulvavahinkojen korvauskäytännön puutteita

Tulvavahinkojen korvauskäytäntö saattoi myös osaltaan hämärtää käsitystä tulvavahinkojen suuruudesta. Sen mukaisesti vain osa syntyneistä vahingoista kuului ylipäänsä korvausten piiriin, ja näistäkin vahingoista vain osa korvattiin.

Voimassa olleen lain ja asetuksen² perusteella ei välttämättä voitu muodostaa yksiselitteistä käsitystä korvattavien vahinkojen suuruudesta ja korvausten kattavuudesta. Tulkinnanvaraisuuksien johdosta vahinkokustannusten korvausprosessit muodostuivat usein hankaliksi käytännön tilanteissa. Yksittäistapauksissa korvausperusteiden määrittely saattoi olla hyvinkin vaikeaa.

Seuraavaan luetteloon on kerätty tietoja niistä tulvan aiheuttamista kustannuseristä, jotka jäivät valtion tulvakorvausten ulkopuolelle tai joita ei otettu huomioon lainkaan MMM:n tulvakorvauslaskelmissa:

- 20 % yksityisille tapahtuneiden sellaisten vahinkojen summasta, jotka kuuluivat korvausten piiriin.
- Puutteet kastuneen tai muuten vaurioituneen irtaimiston huomioon ottamisessa korvausprosessissa sekä myös, ainakin osin, irtaimiston arvon määrittely.
- Korvaukset (yksityisille) määriteltiin vain välttämättömän eli ei-ulosmitattavan irtaimiston, kuten vaatteiden, tavallisten huonekalujen ja kodinkoneiden arvosta. Esimerkiksi antiikkihuonekaluista ei saanut korvauksia.
- Missä määrin korvausprosesseissa otettiin huomioon mm. piharakenteiden ja pinnoitteiden sortumiset tai kulkeutumiset sekä viemärikaivojen täyttyminen veden mukana huuhtoutuvalla maa-aineksella?
- Huomattava määrä liiketoiminnalle ja liikekiinteistöille aiheutuneista vahingoista.

² Asetus poikkeuksellisten tulvien aiheuttamien vahinkojen korvaamisesta 93/1995.

- Tiestölle aiheutuneet vahingot. Esimerkiksi Pohjanmaan tulvan kesällä 2004 aiheuttamat kustannukset tiepiirille olivat yli 408 000 euroa³.
- Epäsuorat vaaratilanteet, etenkin liikenneonnettomuuksien kasvanut riski ja sähkönsyöttöongelmat.
- Kuntien omaisuudelle aiheutuneet vahingot.
- Vesiosuuskuntien ja vesilaitosten kustannukset.
- Kaikkien tulvatorjunta- ja vahinkokorjaustyössä mukana olleiden viranomais-ten kustannukset.

Vaarana tulvavahinkojen kustannusten aliarviointi

Maa- ja metsätalousministeriö päättää (ympäristökeskusten ym. paikallishallinnon sekä erityisesti kuntien maataloustoimen tuottamien vahinkotarkastusten ja -arvioiden perusteella), mikä osuus tulvan vahinkojen kustannusten määrästä korvataan eriluonteisissa vahingoissa⁴.

- Vuoden 2004 korvauspäätöksen linjausten perusteella voitiin todeta (mm. Raivio et al. 2005), *että korvaussummien ulkopuolelle jäi varsin mittavia kustannuseriä. Tulvan hinta lienee todellisuudessa huomattavasti suurempi kuin mitä pelkkien korvauspäätösten mukaan voitiin arvioida.*

Kesällä 2004 akuutin tulvatilanteen jälkeen vahinkojen suuruuden arviointi muodosti haasteen kunnille. Etenkin Pohjanmaalla tilanne korvausten suhteen koettiin kunnan toimihenkilöiden kannalta jopa kaoottisena. Lisäksi vahinkoarvioinnit muodostivat erittäin vaikean ja etenkin pienessä kunnassa tunteita kuohuttaneen asian.

Kaiken kaikkiaan on hyvinkin mahdollista, että nykyisellään Suomessa aliarvioidaan tulvien aiheuttamien taloudellisten menetysten ja haittavaikutusten suuruutta.

Tulvavahinkokustannusten aliarvioinnin seurauksista

Tulvavahinkokustannusten aliarviointi voi osaltaan johtaa siihen, että viranomaistahoilla ei ole käytössään oikeita perusteita (pohjatietoja) tulvavarautumistoimien suunnittelussa. Tällöin syntyy vaara, että eri viranomaiset ei kykene näkemään tulvien synnyttämien ongelmien laajuutta. Sen seurauksena ei myöskään osata arvioida oikein sitä varautumisen tasoa, mikä olisi yhteiskuntataloudellisesti perusteltu.

Näin ollen tulvien haittojen ehkäisyyn todennäköisesti ei suunnata niin paljon resursseja kuin olisi tarpeen jo nykyisen ilmaston vallitessa. Lisäksi tulvien haittavaikutusten ehkäisytoiminnassa tulisi ottaa huomioon tuleva ilmaston muutos. Lähivuosikymmenten aikana ilmasto muuttuu niin, että riskit sekä tulvien yleistymisestä että niiden voimakkuuden kasvusta suurenevat. Nykyistä tulvien haittavaikutusten ehkäisyyn kehityspolkua edettäessä joudutaan tällöin yhä suurempiin ongelmiin.

³ Tiepiirin tekemä kustannuslaskelma 15.11.2004 Pohjanmaan tulvan korjauskustannuksista (poimittu lähteestä Raivio et al. 2005, s. 51)

⁴ Asetus poikkeuksellisten tulvien aiheuttamien vahinkojen korvaamisesta 93/1995.

Näkökohtia ja päätelmiä tähän lukuun liittyen

Tässä luvussa käsitellyt asiat ja seikat herättävät mm. seuraavia näkökohtia ja päätelmiä:

- Käsitely toteutuneiden tulvavahinkojen kustannuksista vaikuttanee suuresti siihen, miten ja millä tasolla tuleviin tulviin varaudutaan.
- Tarvitaan kokonaiskäsitely toteutuneiden tulvien aiheuttamista kustannuksista, ottaen huomioon syntyneet vahingot ja haitat sekä tulvien aiheuttamat ylimääräiset työt yksityisille, yrityksille ja viranomaisille (tulvatorjunta, haittojen ehkäisy ja minimointi, vahinkojen korjaaminen, yms.).
- Julkisen tulvahaittojen ehkäisytoiminnan tulisi perustua kokonaisvaltaisiin arvioihin erisuuruisten tulvien synnyttämistä vahinko- ja haittariskeistä sekä kustannusvaikutuksista.
- Tarvitaan nykyistä kattavampi menetelmä tulvavahinkojen kokonaiskustannusten laskemista varten. On erikseen ratkaistava, kuinka paljon vahingosta tai haitasta olisi korvattava yleisistä varoista.

8.2 Vastuukysymykset tulvavahinkoasioissa

8.2.1 Vastuun jakautuminen

Vastuukysymykset jakautuvat kahteen kysymysryhmään:

- Jo syntyneiden vahinkojen korvaaminen (tulvavahingot).
- Tulevien vahinkojen ennalta estämiseen tähtäävät toimenpiteet (tulvasuojelu).

Vastuut tulvavahingoissa ja tulvasuojelussa eivät ole yksinkertaisesti todettavissa. Vastuu hajautuu eri säädösten nojalla tiettyjä toimintoja koskeviksi osakysymyksiksi (Espoon tulvatyöryhmä 2005, s. 10).

8.2.2 Tulvavahingot

Lainsäädännössä olemassa olevaa rakennuskantaa, katuja, vesijohtoja yms. koskevat säännökset löytyvät vesilaista (19.5.1961/264).

Maankäyttö- ja rakennuslaki (5.2.1999/132) säättää myös ym. asiasta, mutta vahingonkorvaukset määräytyvät MRL:n osalta pääsääntöisesti vahingonkorvauslain mukaisesti. (Espoon tulvatyöryhmä 2005, s. 10)

Tulvimiseen liittyvää lainsäädäntöä on käsitelty Espoon tulvatyöryhmän (2005) raportissa sivuilla 10 - 14.

Tulvimiseen liittyviä keskeisiä lakeja ovat:

- Vesilaki (19.5.1961/264, mm. luku 11, 2§),
- Vahingonkorvauslaki (31.5.1974/412),
- maankäyttö- ja rakennuslaki (5.2.1999/132),
- vesihuoltolaki (9.2.2001/119),
- laki poikkeuksellisten tulvien aiheuttamien vahinkojen korvaaminen (18.3.1983/284).

Muita huomioon otettavia lakeja ovat:

- ympäristövahinkolaki (19.8.1994/737) ja

- naapurussuhdelaki (13.2.1920/26, erit. 17§).
- Lisäksi joukko KKO:n tapauksia.

8.2.3 Tulvasuojelu

Tulviin varautuminen jakautuu kahteen kysymykseen:

- Olemassa olevan rakennuskannan suojelutoimet
- Tulvasuojelun edellyttämät toimenpiteet ja edellytykset uudisrakentamisessa

KKO:n tapaus 1981-II-2 sisältää tärkeän oikeusohjeen: tietoisuus muuttuneiden olosuhteiden vaatimista toimenpiteistä ja niiden laiminlyöminen synnyttää vahingonkorvausvastuun.

Kaavoittajan pitää koko ajan olla tietoinen tulvavaaran kehityksestä (viitaten KKO tapaus 1981-II-2), ja tulevaisuudessa kaavoissa (sekä myös rakennusjärjestyksen muutoksilla) tulee varmistaa, että jatkossa ei rakenneta tulvavaaralle alttiisiin paikkoihin. (Espoon tulvatyöryhmä 2005, s. 14)

Tuleviin tulviin varautumiseen velvoittaa MRL. MRL 116 § edellyttää, että (asemakaavan ulkopuolella) rakennuspaikan valinnassa tulvavaara on asianmukaisesti huomioitu.

Kunnan rakennusjärjestyksen pitänee määrätä rakennuksien korkeusasemasta asemakaavojen ulkopuolella.

Asemakaava-alueella MRL:n 116 § oletus on, että tulvavaaraan on varauduttu asemakaavaa laadittaessa. Kaavaa laadittaessa on otettava huomioon ainakin ympäristöviranomaisen ilmoittamat suositukset alimmista rakentamiskorkeuksista.

Tulviin varautumiseen liittyviä keskeisiä lakeja ovat pelastuslaki (13.6.2003/468) ja valmiuslaki (22.7.1991/1080).

Euroopan Unionissa oli valmisteilla tulvadirektiivi, joka oli menossa komission käsittelyyn vuoden 2005 lopulla. (Espoon tulvatyöryhmä 2005, s. 15)

Rakennuksen omistajalla ja haltijalla, teollisuus- ja liiketoiminnan harjoittajilla sekä virastoilla, laitoksilla ja muilla yhteisöillä on velvollisuus ehkäistä vaaratilanteiden syntymistä sekä varautua henkilöiden, omaisuuden ja ympäristön suojaamiseen vaaratilanteissa ja sellaisiin pelastustoimenpiteisiin, joihin ne omatoimisesti kykenevät (pelastuslaki 8 §).

Tulvatilanteessa oleellista on myös rakennuksen omistaja-, haltija- ja käyttäjäta-hon vastuu kiinteistön vesihuoltolaitteistoista eli vesijohdoista ja viemäreistä ja niihin liittyvistä tarvikkeista ja laitteista verkoston liittämiskohtaan saakka (vesihuoltolaki 119/2001 13 §). Käytännössä tämä tarkoittaa, että kiinteistön haltijalla on velvollisuus huolehtia siitä, että kiinteistön viemärit on asianmukaisesti suojattu mahdollista viemärivereden takaisinvirtausta vastaan ja sadevesiviemärit eivät ole tukkeutuneet tai huonokuntoisia. Omatoimisen varautumisen velvoitteiden tunnistaminen tuntuu kuitenkin jossain määrin hämärtyneen (Raivio ym. 2005).

8.3 Valtion varoista maksetut tulvavahinkokorvaukset

8.3.1 Yleistietoja vahingoista maksetuista korvauksista

Vuoden 2004 heinä-elokuun taitteen sateet ja tulvat vahingoittivat kiinteistöjä, tiestöä ja irtaimistoa miljoonien eurojen edestä mm. Riihimäellä. Lisäksi aiheutui sellaisia vahinkoja, esim. juomaveden pilaantuminen sekä liikenteen ruuhkat ja kiertoteiden ajaminen, joista syntyneitä haittakustannuksia ei ole yleensä huomioitu tulvista johtuvia kustannuksia laskettaessa.

Tulvavahinkojen kokonaismäärä Suomessa oli noin 8 miljoonaa euroa vuonna 2004. Vuonna 2005 vahinkoja syntyi noin 17 miljoonaa euroa, josta 12 miljoonaa euroa meriveden erittäin poikkeuksellisen nousun seurauksena. (Tulvavahinkotyöryhmä 2006)

Vuosien 2004 ja 2005 poikkeukselliset tulvat aiheuttivat vahinkoja yli 1800 kohteelle. Näinä vuosina rakennusvahinkojen osuus kaikista vahingoista oli huomattavan suuri. Ilman merenpinnan poikkeuksellisen nousun aiheuttamia vahinkoja, jotka kohdistuivat ilmeisesti lähes täysin rakennuksiin ja niiden irtaimistoon, vuosien 2004 - 2005 tulvavahingoista kohdistui rakennuksiin 74 prosenttia, irtaimistoon 7 prosenttia, puutarhaan 8 prosenttia, teihin, siltoihin, penkereisiin ja ojiin 3 prosenttia, peltokasvien korjattuun satoon 3 prosenttia ja puustoon 1 prosentti. Muiden vahinkojen osuus oli 4 prosenttia. (Tulvavahinkotyöryhmä 2006)

Poikkeuksellisten tulvien aiheuttamien vahinkojen korvaamisesta säädetyn lain (284/1983) mukaisia korvauksia kesän 2004 vesistötulvien aiheuttamista rakennusvahingoista maksettiin kuntakohtaisina määrärahoina 53 kunnalle yhteensä hieman yli 3.7 miljoonaa euroa. Korvausmääriltään suurimpia kohdekuntia olivat Vöyri (1 505 000 euroa) ja Oravainen (550 000 euroa). Riihimäki (420 000 euroa) oli neljänneksi suurin kohdekuunta.

Edellä mainituissa vahingoissa eivät kuitenkaan ole mukana kaikki tulvavahingot, koska niistä puuttuvat valtiolle, kunnille ja muille kuin tulvavahinkolaissa tarkoitetuille yhtiöille aiheutuneet vahingot. Tulvavahinkolaissa rajataan myös korvattavia vahinkotyyppisiä ja koska laki lisäksi koskee vain poikkeuksellisia tulvia, vähäisiä vahinkoja ei ole ilmeisesti arvioitu. Myöskään merenpinnan nousun tai taajamien rankkasateiden aiheuttamia vahinkoja ei ole luettu mukaan näihin vahinkoihin, koska niitä ei korvata tulvavahinkolain nojalla. (Tulvavahinkotyöryhmä 2006)

8.3.2 Kesän 2004 tulvavahingoista maksetut valtion korvaukset Riihimäellä

Riihimäen kaupungin alueelta tehtiin kesän 2004 tulvavahingoista yhteensä 91 poikkeuksellisten tulvien aiheuttamien vahinkojen korvaamisesta säädetyn lain (284/1983) mukaista korvaushakemusta koskien valtaosin rakennus- tai kotitalousirtaimistovahinkoja tai liikenneverkkoon liittyviä vahinkoja (Maa- ja metsätalousministeriö 2007).

Riihimäeltä tulleiden hakemusten osalta korvattiin tulvan aiheuttamista asuinrakennusvahingoista yhteensä 442 000 €, eli 80 % hyväksytyistä vahinkokustannuksista. Lisäksi korvattiin 78 000 € kotitalousirtaimistovahingoista sekä 19 000 € tie-

, silta-, penger- ja ojavahingoista. (taulukko 22, Maa- ja metsätalousministeriö 2007)

Taulukko 22. Maa- ja metsätalousministeriön hyväksymät ja myöntämät asuinrakennus-, kotitalousirtaimisto- sekä tie-, silta-, penger- ja ojavahinkojen korvaukset Riihimäen vahinkotapauksissa kesän 2004 tulvassa (Maa- ja metsätalousministeriö 2007).

	Korvaushakemusten määrä	Hyväksyty korvaussumma yhteensä	Myönnetty korvaukset yhteensä
Asuinrakennusvahinko	42 kpl	553 000 €	442 400 € (80 %)
Kotitalousirtaimistovahinko	50 kpl	97 600 €	78 100 € (80 %)
Tie-, silta-, penger- ja ojavahinko	3 kpl	23 300 €	18 700 € (80 %)

MMM:lle tehdyistä korvaushakemuksista 25 koski Vantaanjoen tulvimista Peltosaaren alueella (Raivio ym. 2005). Peltosaaren kaupunginosassa oli useita kerrostaloja tulvariskialueella, ja alueella syntyivät Vantaanjoen valuma-alueen suurimmat rakennusvahingot kesän 2004 tulvassa. Maksetut korvaukset eivät kattaneet läheskään kaikkia vahinkoja.

- Hakemusten määrien suhteen jaettuna Peltosaaren osuus valtion myöntämistä asuinrakennusvahinkojen korvauksista oli 36 %.
- Todellisuudessa Peltosaaren osuus lienee ollut 50 - 60 % korvauksista, koska Peltosaarella asuinrakennusten vahingot olivat suhteellisesti katsoen suurimmat.
- Tämän arvion mukaan Peltosaaren osuus valtion myöntämistä asuinrakennusvahinkojen korvauksista olisi ollut 230 000 - 280 000 €.

8.3.3 Kesän 2004 tulvavahingoista maksetut valtion korvaukset Vantaalla

Tiedot poikkeuksellisten tulvien aiheuttamien vahinkojen korvaamisesta säädetyn lain (284/1983) mukaisista tulvavahinkokorvauksista on saatu kuntakohtaisina tilastoina Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskukselta (Maa- ja metsätalousministeriö 2007). Tutkimuksessa ei ollut mahdollista hankkia tietoja vakuutusyhtiöiltä. Joitakin vakuutusyhtiöiden maksamia korvauksia tuli kuitenkin ilmi muiden tietojen yhteydessä.

Vantaan kaupungin alueelta tehtiin kesän 2004 tulvavahingoista yhteensä 8 poikkeuksellisten tulvien aiheuttamien vahinkojen korvaamisesta säädetyn lain (284/1983) mukaista korvaushakemusta koskien rakennus-, rakennelma tai kotitalousirtaimistovahinkoja (Maa- ja metsätalousministeriö 2007).

Vantaalta tulleiden hakemusten osalta korvattiin tulvan aiheuttamista asuinrakennusvahingoista yhteensä 30 000 € ja vapaa-ajanrakennusvahingoista yhteensä runsaat 1000 €, eli molemmissa ryhmissä 80 % hyväksytyistä vahinkokustannuksista (taulukko 23). Lisäksi korvattiin runsaat 2 000 € kotitalousirtaimistovahingoista. (Maa- ja metsätalousministeriö 2007)

Taulukko 23. Maa- ja metsätalousministeriön hyväksymät ja myöntämät asuinrakennus-, vapaa-ajan rakennus- sekä kotitalousirtaimistovahinkojen korvaukset Vantaan vahinkotapauksissa kesän 2004 tulvassa (Maa- ja metsätalousministeriö 2007).

	Korvaushakemusten määrä	Hyväksytty korvaussumma yhteensä	Myönnetty korvaukset yhteensä
Asuinrakennusvahinko	3 kpl	37 900 €	30 300 € (80 %)
Vapaa-ajanrakennusvahinko	2 kpl	1 700 €	1 400 € (80 %)
Kotitalousirtaimistovahinko	2 kpl	2 600 €	2 100 € (80 %)

A + B + C) Asuinrakennukset (vähintään 4 kpl), joissa tulvavahingot aiheutuivat jätevesiviemäreiden tulvimisesta rakennuksiin ja/tai tulvaveden nousemisesta rakennuksiin

Korvaukset rakennuksiin kohdistuneista tulvavahingoista

- Rakennusten vahingoista maksetut valtion korvaukset olivat yhteensä 30 300 €. Arvioidut kustannukset olivat yhteensä 52 400 € tässä kohderyhmässä, joten korvaukset olivat noin 58 % vahingoista.

Irtaimistoon kohdistuneet tulvavahinkokorvaukset

- Kotitalousirtaimiston vahingoista maksetut korvaukset olivat yhteensä noin 4 900 € (sisältää valtion tulvakorvaukset ja tiedossa olleet vakuutusyhtiökorvaukset). Arvioidut kustannukset olivat yhteensä 7 300 € tässä kohderyhmässä, joten korvaukset olivat noin 67 % vahingoista.

8.3.4 Kesän 2004 tulvavahingoista maksetut korvaukset Keravalla

valtion varoista maksetut korvaukset

Tiedot poikkeuksellisten tulvien aiheuttamien vahinkojen korvaamisesta säädetyn lain (284/1983) mukaisista tulvavahinkokorvauksista on saatu kuntakohtaisina tilastoina Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskukselta (Maa- ja metsätalousministeriö 2007). Tutkimuksessa ei ollut mahdollista hankkia tietoja vakuutusyhtiöiltä. Joitakin vakuutusyhtiöiden maksamia korvauksia tuli kuitenkin ilmi muiden tietojen yhteydessä.

A) Asuinrakennukset, joissa tulvavahingot aiheutuivat jätevesiviemäreiden tulvimisesta rakennuksiin ja jotka hyväksyttiin valtion tulvavahinkokorvauksen saajiksi

Korvaukset rakennuksiin kohdistuneista tulvavahingoista

- Rakennusten vahingoista maksetut valtion korvaukset olivat yhteensä 121 400 €. Kustannukset yhteensä olivat 154 300 € tässä kohderyhmässä, joten korvaukset olivat noin 80 % vahingoista.
- Rakennusten omistajille myönnetty korvaussumma oli keskimäärin 15 200 €, ja korvaukset olivat useimmiten 14 300 - 21 000 euron välillä.

Haastatteluissa kerrotut tiedot vahinkokustannuksista olivat vain suuntaa antavat.

- Saatujen korvausten osalta useimmat haastatellut antoivat liian pienet summat. Tämä ilmiö koski sekä valtion myöntämiä että vakuutusyhtiöiden myöntämiä korvauksia.

- Vertaamalla todellisuudessa maksettuja korvaussummia haastatteluissa ilmoitettuihin rahamääriin yhteensä nähdään, että haastatteluissa kerrotut rahamäärät olivat keskimäärin alle 60 % valtion (MMM) myöntämistä korvaussummista.

Irtaimistoon kohdistuneet tulvavahinkokorvaukset

Keskimääräinen kotitalousirtaimiston vahinkokorvaus oli kustannus 3 800 € per kiinteistö. Vahinkokustannukset olivat keskimäärin noin 4600 € per kiinteistö (osin arviomiesten hyväksymien kustannusarvioiden ja osin vakuutusyhtiöiden hyväksymien kustannusten mukaan). Korvaukset keskimäärin olivat siten noin 80 % vahingoista per kiinteistö.

- Koko vahinkomäärä huomioon ottaen korvaukset olivat yhteensä 30 600 € (sisältää valtion tulvakorvaukset ja tiedossa olleet vakuutusyhtiökorvaukset). Kotitalousirtaimiston vahinkokustannukset yhteensä olivat 36 500 €. Siten tiedossa olevat korvaukset olivat noin 83 % kokonaisvahingoista.

Muut tulvavahinkokorvaukset

- Kiinteistöjen omistajien mahdollisesti saamista muista korvauksista ei ole tietoja.

B) Asuinrakennukset (vähintään 7 kpl), joissa tulvavahingot aiheutuivat jätevesiviemäreiden tulvimisesta rakennuksiin, mutta joiden omistajat eivät saaneet korvausta valtiolta

- Kiinteistöjen omistajien mahdollisesti saamista korvauksista rakennuksien ja irtaimiston tulvavahingoista ei ole tietoja.

C) Asuinrakennukset (vähintään 8 kpl), joissa tulvavahingot aiheutuivat tulvavedestä, maan pinnalla virtaavasta sade- ja hulevedestä, hulevesiverkoston tulvimisesta tai em. syiden yhdistelmästä

- Kiinteistöjen omistajien mahdollisesti saamista korvauksista rakennuksien ja irtaimiston tulvavahingoista ei ole tietoja.

Muita tietoja ja huomioita tulvavahinkojen korvauksiin liittyen

Keravan vesihuolto myönsi hakemusten perusteella avustuksia kesän 2004 tulvista kärsineille kiinteistöille toimenpiteisiin, jotka tähtäsivät tulvien torjuntaan saattamalla kvv-laitteet (kiinteistön vesi- ja viemärlaitteet) ajanmukaisiksi. Avustuksella voitiin kattaa kiinteistön vesi- ja viemärisuunnitelmien laatiminen sekä osa tulvan torjumiseksi tehtävistä kvv-laitteiden saneeraus- ja täydennystöistä. Kiinteistön vesi- ja viemärlaitteiden tarkastajan tuli hyväksyä suunnitelmat ja valmis työ. Kiinteistöltä ei peritty myöskään kiinteistön vesi- ja viemärlaitteiden tarkastusmaksuja näiden töiden osalta. Avustukset maksettiin todellisten kustannusten mukaisina tositteita vastaan. (Keravan tekninen lautakunta 2004b)

Osa kiinteistönomistajista sai valtiolta lakiin perustuen korvausta tulvan aiheuttamista kustannuksista (korkeintaan 80 % kokonaiskustannuksista), jos kyseessä oli vesistöuman poikkeuksellisen tulvimisen aiheuttama vahinko. Osa kiinteistöistä sai korvauksia vakuutusyhtiöiltä joko yksistään tai valtion korvauksen lisäksi. Useimmiten vahinkojen kärsijät joutuivat kustantamaan itse osan menetyksistä. Monissa tapauksissa vahinkokustannukset jäivät kokonaan kiinteistöjen kannettaviksi.

Näyttää siltä, että vakuutusyhtiöiden välillä oli eroja siinä, miten ne suhtautuivat tulvavahinkojen korvaamiseen. Ilmeisesti useat vakuutusyhtiöt katsoivat, että niillä ei ollut korvausvelvollisuutta kiinteistönomistajiin nähden, jos tulvavahinkojen syynä olivat olleet poikkeukselliset luonnonolot. Tietenkin myös kiinteistönomistajien hankkimien vakuutusten välillä oli eroja vakuutusturvan laajuuden ja kattavuuden osalta, mikä osaltaan vaikutti korvauksen saamiseen ylipäänsä ja myös korvauksen määrään.

Tutkimuksen käytössä olevien vahinkotietojen perusteella voidaan päätellä, että todennäköisesti osa keravalaisen vahinkokohteiden omistajista ei ilmoittanut vahingoista kaupungille eikä hakenut valtion tulvavahinkokorvausta (koska valtio ei myönnä korvausta jos hakija on saanut korvausta muualta). Nämä omistajat saattoivat ajatella, että omistajina he olivat itse syytä vesivahinkoihin. Heidän olisi pitänyt osata itse suojata kiinteistöt tai rakennukset paremmin rankkasateelta, tulvivalta pintavedeltä tai viemäritulvalta. He korjasivat tai korjauttivat kiinteistöjen vahingot omalla kustannuksellaan.

Vahingoista ilmoittamatta jättämiseen lienee vaikuttanut erityisesti tulvavahinkokorvauslain ja -asetuksen vaatimukset, joiden mukaan korvauksen myöntäminen edellyttää vahingon aiheutuneen vesistöuman poikkeuksellisesta tulvimisesta. Laki siis rajaa korvauksen ulkopuolelle kaikki sellaiset vahingot, jotka ovat aiheutuneet pienten sivu-uomien tulvimisesta (niitä ei pidetä vesistöumina), tai jotka ovat aiheutuneet rankkasadetulvasta maan pinnalla.

Keravan kaupungin toiminta rakennusten tulvavesivahinkoihin liittyen

Keravan kaupungin vesihuolto vastaanotti 26 vahinkoilmoitusta tai korvausvaatimusta tulvaveden rakennuksille aiheuttamista vahingoista heinä-elokuun taitteessa vuonna 2004.

Vakuutusyhtiö teki kielteisen päätöksen koskien Keravan kaupungin vastuuta tulvan aiheuttamista vahingoista. Perusteena sanottiin, että vahinko ei ollut aiheutunut Keravan kaupungin tai tämän henkilökuntaan kuuluvan tuottamuksesta. Siksi kaupungille ei voitu katsoa syntyneen lakiin perustuvaa korvausvelvollisuutta. Vastaavasti vakuutusyhtiö katsoi, ettei sillä ollut asiassa korvausvelvollisuutta kaupunkiin ja edelleen kiinteistönomistajiin nähden. (Keravan tekninen lautakunta 2004a)

Vesi- ja viemärilaitosyhdistyksen lakiasiaain päällikön kanta oli myös se, että kaupunki ei ollut vastuussa poikkeuksellisten luonnonolojen aiheuttamista tulvista. (Keravan tekninen lautakunta 2004b)

Lopulta kaikkiaan 15 kiinteistöä jätti kaupungille korvaushakemuksen tulvaveden rakennuksille aiheuttamista vahingoista. Kaupungin tekemissä jatkoselvityksissä ei ilmennyt mitään uutta korvauskysymysten osalta. Kaupungin lopullisen näkemyksen mukaan poikkeuksellisten luonnonolosuhteiden voitiin katsoa olleen tulvavahinkojen syy, näin ollen kaupunki ei ollut vastuussa tulvan seuraamuksista. Keravan tekninen lautakunta päätöksen mukaisesti vesihuollon liiketoiminta-alueen päällikkö teki kiinteistöjen kaupungille jättämiin korvaushakemuksiin em. perusteilla kielteiset päätökset. (Keravan tekninen lautakunta 2004b)

Kaupungin vesihuolto lähetti vahinkoilmoituksen tehneille kiinteistöille kirjalliset ohjeet toimenpiteistä, joilla kiinteistöjen kiinteistön vesi- ja viemärilaitteet saataisiin vastaamaan ajankohdan aikaisia määräyksiä.

Vuoden 2004 loppupuolella kaupungin vesihuollon annettiin oikeus myöntää avustuksia kesän tulvista kärsineille kiinteistöille sellaisiin toimenpiteisiin, jotka tähtäsivät tulvien torjuntaan saattamalla kiinteistön vesi- ja viemärilaitteet ajanmukaisiksi. Avustuksella voitiin kattaa kvv-suunnitelmien laatiminen sekä osa tulvan torjumiseksi tehtävistä kiinteistön vesi- ja viemärilaitteiden saneeraus- ja täydennystöistä. Kiinteistöltä ei peritty myöskään kiinteistön vesi- ja viemärilaitteiden tarkastusmaksuja näiden töiden osalta. (Keravan tekninen lautakunta 2004b)

8.4 Tulvavahinkojen korvausmenettelyn muutoksista

Suurtulvatyöryhmän loppuraportissa ehdotettiin, että tulvavahinkolakia tulisi uudistaa uusille rakennuksille aiheutuneiden vahinkojen korvausten osalta. Uudistuksen jälkeen rakennetuille rakennuksille aiheutuneista vahingoista maksettaisiin korvauksia vain, jos ne olisivat aiheutuneet keskimäärin kerran 100 vuodessa tai harvemmin toistuvasta vesistötulvasta. (Maa- ja metsätalousministeriö 2003)

Poikkeuksellisten tulvien aiheuttamien vahinkojen korvaamisesta annetun lainsäädännön uudistamista pohtineen Tulvavahinkotyöryhmän raportti julkaistiin 18.5.2006. Maa- ja metsätalousministeriön asettama työryhmä ehdottaa, että laki poikkeuksellisista tulvista aiheutuneiden vahinkojen korvaamisesta kumotaan, ja että samalla säädetään uusi tulvavakuutuslaki. Työryhmä on laatinut luonnoksen tulvavakuutuslain rakenteeksi ja alustavaksi sisällöksi. Lain ehdotetaan olevan voimassa määräajan, esimerkiksi 8 - 12 vuotta, minkä jälkeen vakuutusyhtiöillä voidaan arvioida olevan riittävästi tilastopohjaa ja kokemusta poikkeuksellisten tulvien vakuuttamiseksi. Seuraavassa tarkastellaan ehdotuksen eräiden kohtien sisältöä. (Maa- ja metsätalousministeriö 2006)

Tulvavahinkotyöryhmä ehdottaa, että poikkeuksellisista tulvista rakennuksille ja niissä olevalle irtaimistolle aiheutuvia vahinkoja ei vastedes enää korvattaisi valtion varoista, vaan rakennusten omistajien tulvavahinkovakuutuksista. Ehdotuksen mukaan tulvavahinkovakuutuksen tulisi sisältyä kiinteistöjen palovakuutuksiin. Vakuutus pohjainen järjestelmä lisäisi kiinteistönomistajien riskitietoisuutta ja vastuunottoa tulviin varautumisessa.

Sadolle ja yksityisteille aiheutuvat vahingot poikkeuksellisista tulvista ehdotetaan vast'edeskin korvattaviksi valtion varoista. (Maa- ja metsätalousministeriö 2006)

Tulvaa, merenpinnan nousua tai rankkasadetta sekä ojien ja muiden vesistöä pienempien uomien tulvimista pidettäisiin poikkeuksellisena, jos siitä aiheutuvat vedenkorkeudet tai sademäärät toistuisivat keskimäärin kerran 30 vuodessa tai harvemmin.

Muutoksissa rakennuksille aiheutuvien tulvavahinkojen korvattavuutta laajennettaisiin nykyisestä. Rakennuksille ei nykyisin ole yleisesti saatavissa vakuutuksia tulvavahinkojen varalta. Tämän vuoksi siirtymävaiheessa säädettäisiin määräaikainen laki, jolla luotaisiin edellytykset tällaisten vakuutusten kehittämiseksi.

Ehdotuksen mukaan palovakuutuksiin tulisi sisältyä myös vakuutus poikkeuksellisista tulvista aiheutuvien vahinkojen korvaamiseksi.

Tulvavahinkoja korvattaisiin vakuutuksista nykyistä kattavammin. Vakuutus kattaisi vesistötulvien lisäksi myös esimerkiksi poikkeuksellisen runsaasta sateesta, ojien tulvimisesta sekä merenpinnan poikkeuksellisesta noususta rakennuksille aiheutuvat vahingot. Myös mahdollisten korvauksensaajien joukko olisi nykyistä laajempi. Yksityishenkilöiden lisäksi korvauksia voisivat saada nykyistä laajemmin myös erilaiset yhteisöt ja yritykset.

Kuntien kannalta työryhmän esitys merkitsee sitä, että rakennusten tulvavahinkoihin liittyvien korvaushakemusten käsittely ja vahinkojen arviointi siirtyisi kunnilta pois.

Tulvavahinkotyöryhmän työskentelyn aikana kävi ilmi, että tulvan tapahtuessa tulvantorjunnasta aiheutuvien kustannusten jakautuminen eri tahojen kesken oli käytännössä epäselvää. Kustannusten jakautumisperusteita esitettiin selvitettäväksi.

Tulvavahinkotyöryhmä piti tärkeänä, että tulvavahinkojen korvausjärjestelmää uudistettaessa tulviin varautumista ja tulvantorjuntaa kehitetään edelleen. Työryhmä suositti, että riittävän rahoituksen turvaamiseksi valtion korvausjärjestelmän purkamisesta koitua säästö ohjattaisiin tulvariskien hallinnan kehittämiseen. (Maa- ja metsätalousministeriö 2006)

Voimassa olevan tulvavahinkolain mukaan korvausta voidaan maksaa enintään 80 prosenttia arvioidusta vahingosta tai vahinkojen estämiseksi tehtyjen toimenpiteiden kustannuksista. Maksettavan korvauksen suuruus perustuu vahinkoarvioon, ei siis esimerkiksi toteutuneisiin rakennusten korjauskustannuksiin. (Maa- ja metsätalousministeriö 2006)

Voimassa olevan tulvavahinkolain 3 §:n 1 momentin mukaan korvausta voidaan maksaa luonnolliselle henkilölle ja kuolinpesälle sekä asunto-osakeyhtiölle, asunto-osuuskunnalle ja asuntotuotantoa varten perustetulle kiinteistöyhtiölle ja yksityisistä teistä annetussa laissa tarkoitettulle tiekunnalle. Pykälän 2 momentin mukaan korvausta voidaan maksaa erityisistä syistä myös muille yhtymille tai yhteisöille. Korvauskäytännössä erityisiä syitä on tulkittu erittäin tiukasti. Tulvavahinkolain nojalla ei ole korvattu vahinkoja, jotka ovat aiheutuneet kuntien suoraan tai välillisesti omistamille kiinteistöille. (Maa- ja metsätalousministeriö 2006)

9 Ilmastonmuutos ja Vantaanjoen tulviminen

9.1 Ilmastonmuutos ja sen vaikutukset tulvien kannalta

Sää ilmiöt sekä niiden esiintymistoistuvuudet maapallon eri ilmastovyöhykkeillä määräytyvät ilmastojärjestelmän perustekijöiden pohjalta. Toistuvuudella viitataan tiettyjen ilmaston olojen yleisyyteen tai harvinaisuuteen kunakin vuoden aikana. Maapallon ilmastojärjestelmä ilmastovyöhykkeineen on varsin vakaa systeemi, jonka keskeiset ominaisuudet muuttuvat luontaisesti erittäin hitaasti.

Ilmakehä päästää ison osan auringon säteilystä maan pinnalle, mutta pinnan lähettämän lämpösäteilyn se imee lähes kokonaan. Kasvihuonekaasut imevät (absorboivat) sekä auringon infrapunasäteilyä että maan pinnasta heijastuvaa lämpösäteilyä, ja tämän seurauksena ne lämpenevät. Kasvihuonekaasujen olemassaolon ansiosta ilmakehä toimii eräänlaisena lämpösäteilyn kulkua jarruttavana eristeenä maan pinnan ja avaruuden välillä. Tätä ilmakehän ominaisuutta kutsutaan kasvihuoneilmiöksi.

Ihmisen aiheuttamalla ilmastonmuutoksella tarkoitetaan kasvihuonekaasujen pitoisuuksien kasvusta johtuvia muutoksia maapallon ilmastossa. Viimeisten 40 - 50 vuoden aikana kasvihuonekaasujen, erityisesti hiilidioksidin, pitoisuudet maapallon ilmakehässä ovat kasvaneet niin paljon, että ilmastojärjestelmän toiminta on alkanut muuttua (Ruosteenoja 2005 et al.).

Maapallon keskilämpötila nousi 0,8 °C 1900-luvulla. Vuosisadan alkupuolen lämpeneminen johtui paljolti luonnollisista tekijöistä, mutta viime vuosikymmenien lämpötilan nousuun on ihmiskunnan toiminta vaikuttanut suurelta osin (Ruosteenoja 2005). Ilmastonmuutoksen tutkimuksessa käytettävät ilmastomallit voivat selittää hyvin tämän nopean lämpenemisen ja muut vaihtelut meteorologisten mittausten aikakaudella, jos niihin sisällytetään ilmakehän sisältämien kasvihuonekaasujen konsentraation noususta johtuva vaikutus. Mallit eivät selitä niitä, jos tämä vaikutus jätetään malleista pois. (Carter 2007, Saarelainen ja Makkonen 2007)

Toinen keskeinen ilmastonmuutoksen seuraus mm. Pohjois-Euroopassa ja Suomessa on pilvisyyden ja sademäärien lisääntyminen. Nykyisen tiedon mukaan sademäärät kasvavat korkeilla leveysasteilla hyvin todennäköisesti, eli asiasta on yli 90 %:n varmuus (Bernström ja Saukkonen 2007). Sateet myös jakautuvat tasaisemmin ympäri vuoden. Hyvin todennäköisesti (yli 90 %:n varmuus) rankkasateiden osuus koko sadesummasta kasvaa. Ilmastonmuutos muuttaa myös tuulioloja mm. Pohjoismaissa. Nämä ilmiöt liittyvät ilmastonmuutoksen laajempiin suuraluepiirteisiin: ilmastonmuutoksen edetessä myrskyradat, eli säähäiriöiden tyypilliset esiintymisalueet, siirtyvät napoja kohti (Bernström ja Saukkonen 2007).

Mittavan ilmastonmuutokseen sopeutumista tarkastelevan tutkimuskokonaisuuden eli FINADAPTin (Carter 2007) pääviestejä ovat mm. seuraavat:

- Suomen ilmasto muuttuu.
- Muutokset Suomen ilmastossa jatkuvat ja ne voivat tulevaisuudessa kiihtyä.
- Ilmastonmuutoksen vaikutukset näkyvät jo.
- Viimeaikaiset äärevät sääilmiöt ovat yhdenmukaisia ilmastonmuutosarvioiden kanssa.
- Sadannan ja lämpötilan muutokset vaikuttavat mm. tulvien muodostumiseen.

Ilmaston ääri-ilmiöiden, kuten myrskyt ja rankkasateet, voimakkuudet ja toistuvuudet muuttuvat myös keskimääräisten ilmasto-olojen muutosten rinnalla. Monilla alueilla (ml. Pohjois-Eurooppa) ilmaston ääriolot voimistuvat paljon (Makkonen et al. 2007).

9.2 Ilmaston muutosten ennakointi

9.2.1 Yleisten muutosten ennakointimenetelmät

Luonnonilmiöiden esiintymistä ennakoidaan ekstrapolointiin tukeutuvan toistuvuusanalyysin avulla. Lisäksi luonnonilmiöiden esiintymistä ja laajemmin koko ilmaston muuttumista jatkossa arvioidaan ilmastomallien avulla.

Ilmasto kuvaa ilmakehän prosessia, joka on jatkuva. Siihen sisältyvä vaihtelu ei ole täysin satunnaista. Vaihtelun analysoinnissa voidaan kuitenkin soveltaa havaintoaineiston tilastollista mallintamista, mihin perustuen voidaan arvioida harvinaisten tapahtumien voimakkuutta niiden toistuvuuden (todennäköisyyden) suhteen

Luonnonilmiöiden esiintymistodennäköisyyttä (toistuvuutta) arvioidaan toistuvuusanalyysien avulla (Makkonen 2008). Toistuvuusanalyysit tehdään tietyllä alueella toteutuneista luonnonilmiöistä tehtyjen havaintoarvojen tilastollisten todennäköisyysjakaumien avulla (esim. Gumbelin jakauma), tukeutuen arvojen teoreettisen jakautuman menetelmiin. Toistuvuusanalyysissä oletetaan tarkasteltavaan luonnonilmiöön vaikuttavien tekijöiden pysyvän samoina. Toistumisajalla tai toistuvuudella tarkoitetaan sitä ajanjaksoa, jonka kuluessa ilmoitettu arvo keskimäärin kerran ylitetään.

Ekstrapolointimenetelmää voidaan käyttää harvoin toistuvien (esimerkiksi kerran 100 vuodessa tai harvemmin) luonnonilmiöiden esiintymisen ennakointiin. Ekstrapoloinnilla saatujen tulosten luotettavuus riippuu oleellisesti siitä, kuinka usein tarkastelun kohteena olevan (voimakkuudeltaan tietyn kokoisen) luonnonilmiön tiedetään esiintyneen aiemmin havaintojakson aikana. Näin ollen ekstrapolointi todennäköisyysjakaumien avulla sopii hyvin verrattain usein (esim. kerran 20 vuodessa) toistuvien luonnonilmiöiden ennakointiin, koska niistä on yleensä riittävästi historiallisia havaintoja ekstrapoloinnin tueksi.

Ilmastomalleilla tehtyjen simulointien tuloksina saadaan erilaisia lämpötila-, sademäärä- ym. skenaarioita. Ennustetut muutokset ovat joko yhden ilmastomallin koeajoilla laskettuja skenaarioita tai useamman mallin skenaarioajojen tulosten keskiarvoja. Ennusteet ulottuvat yleensä vuoteen 2100. Esimerkiksi sademäärän ennustettu muutos saadaan vertaamalla ajanjakson 2071 - 2100 keskiarvoa perusjakson 1971 - 2000 keskiarvoon.

Hydrologisia tuloksia on tuotettu SYKEN vesistömallijärjestelmällä. Nämä tulokset esitetään koko maan kattavina karttoina, joissa näkyy hydrologisten olosuhteiden ennustearvioita, esimerkiksi lumen vesiarvo, maan kosteus ja eri vuodenaikoina tapahtuvan valunnan keskiarvoja nykyaikana sekä kolmelle tulevalle ajanjaksolle. Karttoja voi tarkastella yksitellen tai yhdistelminä jolloin voi vertailla eri ilmastomalleja, päästöskenaarioita, ajanjaksoja tai vaikutusmuuttujia.

9.2.2 Ääriolojen muutosten ennakointimenetelmät

Globaali ilmastonmuutos aiheuttaa muutoksia ääri-ilmiöiden toistuvuudessa. Luonnon ääri-ilmiöiden osalta historialliseen dataan perustuva toistuvuuden tilastollinen arviointi toistuvuusanalyysien avulla on vaikeaa. Koska ilmiöt ovat

harvinaisia on tyypillistä, että käytettävissä olevan havaintojakson aikana kyseinen ilmiö on esiintynyt vain muutaman kerran tai ei lainkaan.

Periaatteessa tavanomaisia toistuvuusanalyysin menetelmiä ei voi käyttää silloin kun teoreettiset ääriarvojen jakautumat ovat asymptoottisia. Ne siis eivät ole voimassa silloin, kun yhtä ääriarvoa kohden on vain pieni otos havaintoja. Makkonen (2008) on osoittanut, että tällaisissa tilanteissa tavanomaisten toistuvuusanalyysin menetelmien käyttö johtaa usein ääri-ilmiöiden esiintymistodennäköisyyden aliarviointiin. Tästä lähtökohdasta katsoen teoreettisten jakaumien käyttäminen harvinaisten ilmiöiden analysoimiseen on ylipäänsä kyseenalaista.

Yllä kerrottua näkökulmaa tukee myös seuraava, ACCLIM -tutkimushankkeessa (WP3: ilmastonmuutoksen todennäköisyyssennusteet) tehty johtopäätös. Jo pienellä ilmaston yleinen lämpeneminen lisää huomattavasti hyvin lämpimien kuu-kausien esiintymistä (Räisänen ja Ruokolainen 2007, Räisänen ja Jylhä 2007). Johtopäätöksen perusteita havainnollistavat laskelmat Helsingissä vuonna 2006 mitatun ennätyslämpimän (keskilämpötila 4,0 °C) joulukuun esiintymistodennäköisyydestä erilaisissa havaintoaineistoissa. Jos aineistona käytetään koko 1900-luvun havaintoja on todennäköisyys vähintään näin lämpimälle joulukuulle $\approx 1/400$ (0,25 %). Toisaalta, kun aineistona käytetään suunnilleen nykyistä ilmastoa kuvaavia havaintoja vuosilta 1971 - 2000, on todennäköisyys vähintään näin lämpimälle joulukuulle $\approx 1/60$ (1,67 %). Laskelmien taustalla on tieto, että 1900-luvun kuluessa Suomessa vuoden keskilämpötila nousi noin 0,7 °C, ja siitä noin 75 % tapahtui vuosina 1971 - 2000.

Poikkeukselliset luonnonilmiöt ja rakennettu ympäristö muuttuvassa ilmastossa, eli EXTREMES I ja II, hankkeessa (mm. Makkonen 2007 ja 2008) tutkitaan sitä, miten ilmastonmuutos vaikuttaa ääri-ilmiöiden esiintymiseen. Tutkimuksessa on kehitetty uusi menetelmä harvinaisten luonnonilmiöiden toistuvuuden luotettavaksi analysoimiseksi. Menetelmää käyttäen tutkimushankkeessa tuotetaan, karakterisoidaan ja poimitaan ääriarvoja alueellisen numeerisen ilmastomallin simuloinneista. Tämä mallisysteemi koostuu ilmakehä/maaperä-lumi-mallista ja Itämeri-mallista.

EXTREMES -tutkimushankkeen tulokset palvelevat ilmastonmuutokseen sopeutumista mm. rakennetun ympäristön osalta. Tutkimuksessa kehitetyllä menetelmällä laskettuja arvioita luonnon ääri-ilmiöiden toistuvuuden muutoksista esitetään luvussa 10.5.

9.3 Tulvien ennakointi

9.3.1 Tulvien ennakointimenetelmistä

Tulvalla tarkoitetaan sitä, että maanpinnalle nousee tai siinä virtaa vettä joko rankkasateen, vesistön veden nousun tai merenpinnan nousun seurauksena. Vesistötulvan aiheuttajana voi olla lumen sulaminen, jääpatojen aiheuttama veden nousu tai rankkasade. Meritulva syntyy, kun merenpinta nousee poikkeavan korkealle.

Tulvien toistuvuutta ja suuruutta voidaan arvioida todennäköisyysjakaumien avulla. Toistuvuusanalyysissä käytetään menneitä tulvia kuvaavien havaintojen tilastollisia jakaumia tulevien tulvien ennustamiseen. Toistuvuusanalyysissä ole-

tetaan tulviin vaikuttavien tekijöiden pysyvän samoina. Suomessa käytetään yleisesti Gumbelin jakaumaa tulvien poikkeuksellisuuden arvioimisessa, todennäköisyysjakaumien käyttöön liittyvistä epävarmuuksista huolimatta.

Toistumisajalla tai toistuvuudella tarkoitetaan sitä ajanjaksoa, jonka kuluessa ilmoitettu arvo keskimäärin kerran saavutetaan. Ekstrapolointi todennäköisyysjakaumien avulla sopii pienten ja keskikokoisten tulvien toistuvuuden arviointiin, koska niistä on yleensä riittävästi havaintoja ekstrapoloinnin tueksi. Suurin osa menneitä tulvia kuvaavista havainnoista koskevat juuri pieniä ja keskikokoisia tulvia.

Viimeaikaiset tutkimustulokset viittaavat siihen, että useimmat yleisesti käytetyt tilastolliset menetelmät saattavat aliarvioida poikkeuksellisten ilmiöiden esiintymistodennäköisyyttä. Ei ole myöskään varmaa, että isoimmat tulvat edes noudattaisivat mitään ääriarvojakaumaa (Makkonen 2008). Ekstrapolointi todennäköisyysjakaumien avulla on sitä epävarmempaa, mitä harvinaisempaa tulvaa halutaan arvioida. Useimmiten tilanne on se, että hyvin suuria tulvia kuvaavia havaintoja (tietystä vesistöstä) on olemassa vain vähän tai hyvin vähän.

Todennäköisyyteen ja toistuvuuden ennakkointiin perustuvan ajattelun reunaehdoista:

- Kevättulvien syntyminen voidaan ennakoida verrattain hyvin (korkea todennäköisyys) talven sade- ja pakkasmäärien perusteella.
- Rankkasadetulvia on vaikeaa ennakoida.
- Harvemmin toistuvien tulvien luonteesta ei voida sanoa oikeastaan mitään varmaa Suomessa nykyisten havaintosarjojen perusteella.
- Esimerkiksi Vantaanjoen vesistöstä käytössä olevat havaintosarjat virtaamista ja korkeustasoista ovat osin suhteellisen lyhyitä. Periaatteessa niiden perusteella on luotettavaa ennakoida parhaimmillaankin enintään kerran 50 vuodessa toistuvia tulvia.
- Ennustettu ilmaston muutos synnyttää tilanteen, jossa ilmastolliset olosuhteet ja ilmastotekijät muuttuvat niin paljon, että aikaisemman tulva-aineiston pohjalta ei voi arvioida tulevia tulvia.
- Tulevien ääri-ilmiöiden ominaisuuksista (pitkällä aikavälillä) on pääteltävä enemmän perustuen siihen tietoon, mikä meillä on eri luonnonilmiöiden luonteesta ja syistä. Kyse on siis luonteeltaan "periaatteessa mahdollista" -pohdinnoista, joiden perustelussa on voitava tukeutua muihinkin kuin tilastollisiin menetelmiin.

Voimakkaat kesä- ja rankkasadetulvat ovat toistaiseksi olleet Suomessa suhteellisen harvinaisia ilmiöitä. Ilmaston lämpenemisen myötä ilmakehässä oleva vesimäärä kasvaa, minkä johdosta kokonaissademäärän odotetaan kasvavan. Etenkin rankkasateiden lisääntyminen ja siitä seurauksena rankkasadetulvien yleistyminen on todennäköistä.

Toistuvuusajan pituuden vaikutusta ilmiön suuruuteen tai voimakkuuteen havainnollistaa esimerkki meriveden suurimmasta korkeudesta. Kun verrataan ko. ilmiön laskennallisia ääriarvoja 100 ja 200 vuoden toistuvuusajoilla, niin niiden suuruuden (korkeuden) välinen ero on lähes 50 %. Esimerkiksi Helsingin kohdalla keskimäärin kerran 100 vuodessa saavutettava vedenkorkeus N60-järjestelmän nollakohdan yläpuolella on 1,6 m (Espoon tulvatyöryhmä 2005). Samalla paikalla kes-

kimäärin kerran 200 vuodessa saavutettava vedenkorkeus on 2,3 m (Kahma et al. 1998).

9.3.2 Tulvien toistuvuus Vantaanjoen vesistössä

Vantaanjoen havaintoasemille Gumbel -jakauman avulla määritetyt virtaamien ja vedenkorkeuksien toistuvuusarvot on esitetty taulukossa 24. Oulunkylän havaintoaineisto on vedenkorkeuksien osalta niin puutteellinen, ettei siitä ole laskettu toistuvuusarvoja. Hanalan havaintoasemalle määritettyä purkautumiskäyrää on muutettu mm. vesistössä tehtyjen järjestelyjen vuoksi vuosina 1966, 1975, 1987 ja 1990, eivätkä vedenkorkeushavainnot ole siten keskenään vertailukelpoisia. Tuusulanjärven säännöstelyä muutettiin 1990, mutta sillä ei näytä olevan juurikaan vaikutusta havaintoaineistosta määritettyihin virtaaman tai vedenkorkeuden toistuvuusarvoihin.

*Taulukko 24. Virtaamien ja vedenkorkeuksien toistuvuusarvoja eri havaintoasemilla. (Suho-
nen ja Rantakokko 2006).*

	Havainto- jakso	HQ (m ³ /s)					HW (NN+m)				
		1/10	1/20	1/50	1/100	1/250	1/10	1/20	1/50	1/100	1/250
Oulunkylä ¹⁾	1966–2004	189	215	249	274	307	8,11	8,34		²⁾	²⁾
Myllymäki	1966–2004	135	154	178	197	221	25,59	26,13	26,45	26,69	27,01
Hanala ¹⁾	1966–2004	41	47	54	60	67	23,77	23,79	23,93	24,00	24,07
Kytäjärvi	1966–2004	12	14	17	19	22	80,43	80,54	80,69	80,80	80,95
Tuusulanjärvi	1966–2004	8	9	10	11	12	38,11	38,17	38,26	38,32	38,40

¹⁾ Oulunkylän ja Hanalan vedenkorkeudet on määritelty purkautumiskäyrästä virtaamien perusteella.

²⁾ Oulunkylässä purkautumiskäyrä on määritetty vain virtaamaan 240 m³/s asti. Jatkamalla purkautumiskäyrää vapaasti eteenpäin saadaan arviot HW 1/100 = n. N60+8,8 m ja HW 1/250 = n. N60+9,1 m.

Vantaanjoen vesistöalueella ennen vuotta 2005 havaittujen suurimpien tulvien (päiväkohtaisten) maksimivirtaamien tilastollisesti lasketut toistumisajat, eli vastaavan suuruisten virtaamien Gumbel -jakaumalla määritetyt toistuvuudet esitetty taulukossa 25.

Taulukko 25. Vantaajoen vesistöalueella ennen vuotta 2005 havaittujen suurimpien tulvien maksimivirtaamat ja virtaamien Gumbel -jakaumalla määritetyt toistuvuudet (Suhonen ja Rantakokko 2006).

		1966	1951	1984	1970	1962	2004	1999
Oulunkylä	HQ	317 m ³ /s	234 m ³ /s	204 m ³ /s	196 m ³ /s	177 m ³ /s	175 m ³ /s	166 m ³ /s
Q: 1937–2004	virtaaman toistumis-aika	yli 250 v.	33 v.	14 v.	11 v.	7 v.	7 v.	5 v.
Myllymäki	HQ	228 m ³ /s		147 m ³ /s	142 m ³ /s		119 m ³ /s	115 m ³ /s
Q: 1966–2004	virtaaman toistumis-aika	yli 250 v.		18 v.	15 v.		7 v.	5 v.
Hanala	HQ	63 m ³ /s	39 m ³ /s	40 m ³ /s	39 m ³ /s	50 m ³ /s	48 m ³ /s	37 m ³ /s
Q: 1940–2004	virtaaman toistumis-aika	150 v.	8 v.	8 v.	8 v.	34 v.	22 v.	6 v.
Kytäjärvi	HQ	26,8 m ³ /s		9,1 m ³ /s	11,0 m ³ /s	12,6 m ³ /s	11,3 m ³ /s	7,8 m ³ /s
Q: 1961–2004	virtaaman toistumis-aika	yli 250 v.		< 5 v.	9 v.	14 v.	9 v.	alle 5 v.
Tuusulanjärvi	HQ	11,5 m ³ /s		7,5 m ³ /s	8,4 m ³ /s	7,3 m ³ /s	7,8 m ³ /s	8,5 m ³ /s
Q: 1961–2004	virtaaman toistumis-aika	180 v.		10 v.	18 v.	9 v.	13 v.	19 v.

Vuoden 2004 tulvan virtaaman toistumisaika Gumbel -jakaumalla laskettuna on vain 7 vuotta Vantaanjoen alajuoksulla, eli Myllymäen ja Oulunkylän mittaus- asemilla. Vantaanjoen yläjuoksulta ei ole vastaavaa toistuvuuslukua tiedossa. Kuitenkin Vantaanjoen yläjuoksun sivujoista on saatavilla Kytäjärven tilastollinen toistuvuusluku, joka on 9 vuotta eli sekin on siis varsin pieni. Tarkasteltaessa koko Vantaanjoen vesistöä virtaamien toistuvuuslukujen valossa nähdään, että vuoden 2004 tulva oli suuruudeltaan harvinaisin Keravanjoessa (22 vuotta).

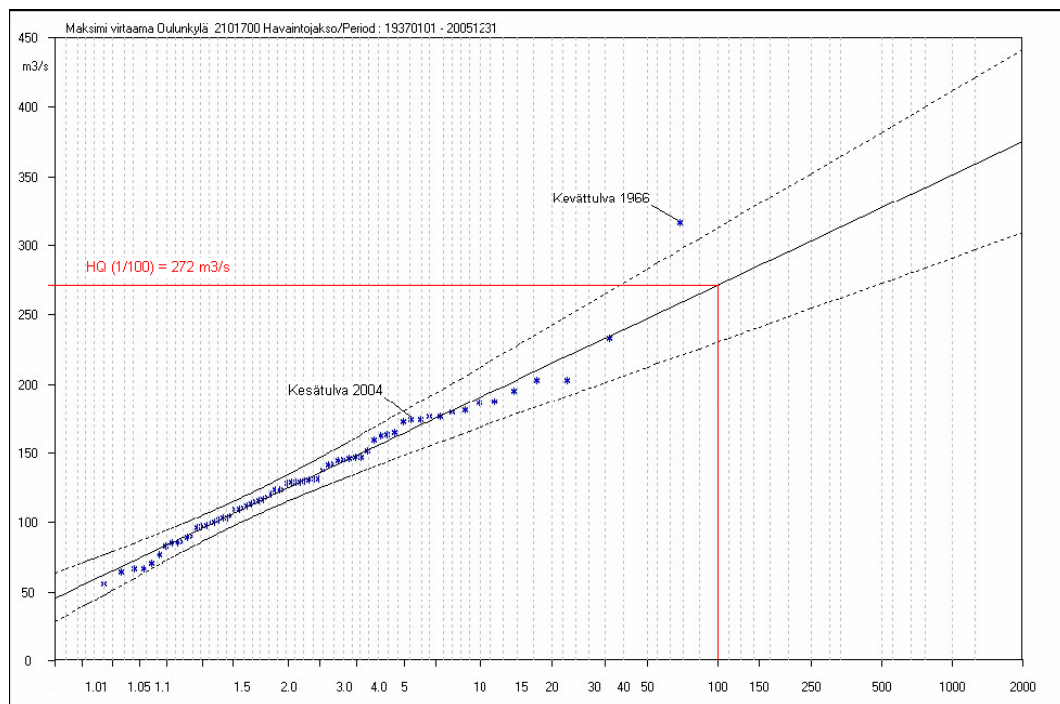
Eri vuosien tulvissa toteutuneiden korkeimpien virtaamien toistumislukujen vertailu vahvistaa käsitystä, että vuoden 2004 tulva Vantaanjoessa oli varsin pieni. Vuoden 1966 tulvan toistumisluku on reippaasti yli 250 vuotta lähes koko Vantaanjoen alueella, ja pienimmilläänkin luokkaa 150 vuotta Keravanjoessa. Toteutuneiden korkeimpien (päiväkohtaisten) virtaamien valossa tämä tarkoittaa sitä, että vuoden 2004 tulva Vantaanjoen alajuoksulla oli noin puolet pienempi kuin vuonna 1966.

Vuoden 1966 tulvan vedenkorkeuksia tarkasteltaessa on syytä ottaa huomioon, että kyseessä oli kevättulva. Sitä edelsi kova pakkastalvi, joten jääpeite oli paksu. Ilmeisesti jäädä tavalla tai toisella johtuneet patoutumat nostivat osaltaan vedenkorkeutta monin paikoin paljonkin yli sen korkeuden, mihin vesimäärä yksistään olisi riittänyt. Aikalaisten muistikuvien mukaan Vantaanjoessa oli jääpatoja mm. Tapolan vanhan riippusillan kohdalla vuonna 1966, ja niitä jouduttiin räjäyttämään auki.

Kevät- ja kesätulvissa toteutuneita vedenkorkeuksia pitäisikin ilmeisesti tarkastella irrallaan toisistaan, koska jääpadot vaikuttavat usein suurestikin kevättulvien vedenkorkeuksiin. Tämä havainto merkitsee samalla sitä, että myös tulvien tilastollista toistuvuutta laskettaessa havaintoaineisto tulisi jakaa kahteen "koriin" eli kevät- ja kesähavaintoihin. Tällainen perusteltu uusi käytäntö heikentäisi oleellisesti tilastollisen toistuvuuden luotettavuusarvoa, koska useimmista havaintopaikoista kerätyt vuosisarjat ovat muutoinkin lyhyitä, joten ne sisältävät vain vähän tulvatilanteita.

Kun tarkastellaan vuosien 1966 ja 2004 tulvien aikana Vantaanjoen alajuoksulla virrannutta vesimäärää, niin Oulunkylän korkeudella se oli vuonna 2004 vain kolmannes vuoden 1966 tulvan vesimäärästä. Vastaavasti Myllymäen korkeudella vuoden 2004 tulvan vesimäärä oli vain seitsemäsosa vuoden 1966 tulvasta. Oulunkylän korkeudella vuoden 1966 tulvatilanne (virtaama yli tulvarajan) kesti yli kaksi kertaa kauemmin kuin vuoden 2004 tulva, ja Myllymäen korkeudella aikaero oli jo viisinkertainen.

Kuvassa 16 on esitetty Oulunkylässä havaituille ylivirtaamille tehty toistuvuusanalyysi ns. Gumbelin paperille sovitetun suoran avulla. Kuvassa on määritetty graafisesti keskimäärin kerran sadassa vuodessa toistuvan ylivirtaaman suuruudeksi Oulunkylässä noin 272 m³/s. Kuitenkin vuoden 1966 tulvassa suurin havaittu vuorokautinen ylivirtaama oli 317 m³/s, joten tämä tieto on selkeästi ristiriidassa Gumbel -jakaumalla laskettujen toistumislukujen kanssa.



Kuva 15. Oulunkylän havaintoaseman ylivirtaamien toistuvuuksien määrittely Gumbelin paperin avulla. Vaaka-akselilla havainnon toistumisaika (vuosia) ja pystyakselilla virtaama (m³/s). (Suhonen ja Rantakokko 2006).

9.4 Ilmaston muutoksista 1900-luvulla

Maapallon keskilämpötila nousi 0,8 °C 1900-luvulla. Ilmeisesti viime vuosisata oli lämpimin tuhanteen vuoteen. Lämpötilan nousu oli erityisen nopeaa 1900-

luvun viimeisinä vuosikymmeninä ollen 0,6 °C 1970-luvulta alkaen. (Saarelainen ja Makkonen 2007)

Suomessa vuoden keskilämpötila nousi noin 0,7 °C 1900-luvun aikana. Lämpötilan nousu mahtuu Suomessa kuitenkin luonnollisen vaihtelun puitteisiin. Lumi-peitekausi on Etelä-Suomessa lyhentynyt, samoin lumen maksimivesiarvot. Toisaalta sademäärissä ei ole 1900-luvun aikana havaittavissa selvää muutosta. Viime vuosina Suomessa koetut poikkeuksellisetkin sateet sopivat hydrologisten olojen havaittuun vaihteluun, eikä niiden voida suoraan päätellä johtuvan ilmastonmuutoksesta. (Carter ym. 2002)

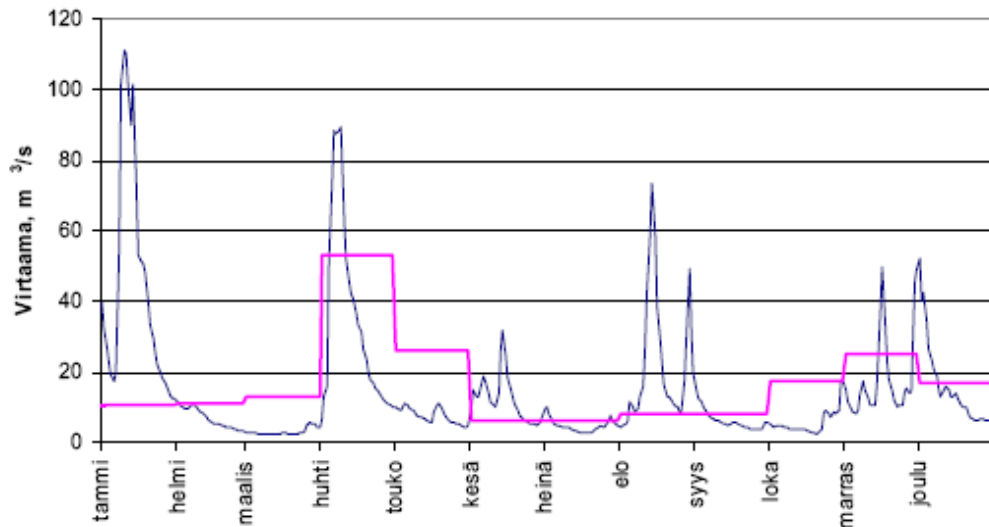
Vuoden 2004 tulvat aiheuttaneet rankkasateet olivat poikkeuksellisen voimakkaita. Ilmatieteen laitoksen mukaan kesällä 2004 eri alueilla toteutuneen neljän vuorokauden sadesumman 155 mm toistuvuus on keskimäärin kerran 50 vuodessa (Myllys 2004, cit. Suhonen ja Rantakokko 2006).

Alle vuorokaudessa saadaan paikallisesti vähintään 150 mm suuruisia sademääriä keskimäärin kerran sadassa vuodessa. Ilmatieteen laitoksen säätilastojen mukaan elokuiset yhden päivän rankkasade-ennätykset vaihtelevat 90 - 120 mm. Suurin elokuun koko maan vuorokausisademäärä, 151 mm, mitattiin Oravaisten Kimossa Pohjanmaalla 3.8.2004 illalla ja seuraavana yönä.

Porissa oli hyvin rankka kaatosade 12.8.2007. Sääutkamittauksiin perustuvan arvion mukaan kaupungissa satoi vajaan kolmen tunnin aikana vajaa 100 mm. Sääutkatulkinnan tarkkuus on kuitenkin vain 1 x 1 km ruudun kokoinen. Porissa yksityishenkilöt mittasivat luotettavasti paikkakohtaisiksi sademääräksi 131 mm ja 120 mm samaisen rankkasateen aikana. Suurin virallisesti mitattu sademäärä oli 80 mm Luvialla hieman Porin eteläpuolella. Kaatosateiset ukkoskuurot kehittyivät rannikolla erittäin lämpimässä ja kosteassa ilmassa. (Ilmatieteen laitos 2007b ja 2007c).

Ilmaston muutoksen yhtenä seurauksena sateet jakautuvat tasaisemmin ympäri vuoden. Kuva 17 osoittaa Vantaanjoen vuorokausivirtaaman vuonna 2005 sekä vertailutietona virtaaman kuukausikeskiarvot vuosina 1991 - 2000. Kuva on havainnollinen esimerkki sateiden ja jokien virtaamien uudenlaisesta ajoittumisesta ilmastonmuutoksen vaikutuksesta.

Vantaanjoki, Oulunkylä



Kuva 16. Vantaanjoen vuorokausivirtaama (m^3/s) Oulunkylässä vuonna 2005 ja virtaaman kuukausikeskiarvot vuosina 1991 - 2000. (Vahtera 2006)

Vuoden 2005 tammikuu oli selvästi tavanomaista lauhempi ja sateisempi. Vantaanjoen alueella kuukauden aluesadanta oli 106 mm, mikä on tammikuun ennätys. Pääosa sateesta tuli vetenä ja Vantaanjoen tulvahuippu kohosi ajankohdalle ennätysellisen korkeaksi, $110 m^3/s$. Kevättulva jää noin joka kolmas vuosi tätä tammikuun tulvaa pienemmäksi.

Vuoden 2005 sademäärä Helsinki-Vantaan lentoasemalla oli 655 mm, mikä on hyvin lähellä vuosien 1971 - 2000 keskiarvoa 650 mm.

9.5 Ilmaston ja tulvien muutoksista vuoteen 2100 asti

9.5.1 Yleiset muutokset lämpötilassa, sateisuudessa ja maan routaantumisessa

Suomessa vuotuisen keskilämpötilan arvioidaan nousevan noin $2\text{ }^\circ\text{C}$ vuoteen 2030 mennessä, $3 - 3,5\text{ }^\circ\text{C}$ vuoteen 2060 mennessä ja $4 - 5\text{ }^\circ\text{C}$ vuoteen 2080 mennessä nykytasoon verrattuna. Muutokset ovat suurempia talvella kuin kesällä: sadan vuoden aikana keskilämpötilan arvioidaan nousevan noin $6\text{ }^\circ\text{C}$ talvella ja noin $4\text{ }^\circ\text{C}$ kesällä. Tutkimukset viittaavat myös siihen, että kesällä poutajaksot lämpenevät ja pitenevät, jolloin pohjaveden pinta alenee. (Carter et al. 2005, Ruostenoja et al. 2005)

ACCLIM -tutkimushankkeessa (Räisänen ja Jylhä 2007) useilla ilmastomalleilla tehdyt skenaariolaskelmat osoittavat, että ajanjaksolla 2070 - 2099 keskimääräinen vuotuinen sademäärä Suomessa on 12 - 24 % korkeampi kuin vuosina v.1971 - 2000. Sademäärän kasvu on sitä suurempi, mitä enemmän kasvihuonekaasujen kokonaispäästöt ilmakehään kasvavat jatkossa. Sademäärät kasvavat läpi vuoden, mutta kasvu on pienin kesäisin. Esimerkiksi A2-malliin pohjautuvat laskelmat osoittavat, että ajanjaksolle 2070 - 2099 saavuttaessa:

- **Kesän sademäärät** kasvavat Etelä-Suomessa keskimäärin noin 5 mm/kk (vajaa 10 % lisäys vuosiin 1971 - 2000 verrattuna) ja Keski- ja Pohjois-Suo-

nessa keskimäärin noin 6 - 8 mm/kk (noin 10 - 15 % lisäys vuosiin 1971 - 2000 verrattuna).

- **Talven sademäärä** kasvaisivat koko Suomessa keskimäärin 10 - 15 mm/kk välillä, mikä tarkoittaisi Lounais-Suomessa alle 30 % ja muualla maassa noin 30 - 35 % lisäystä verrattuna vuosien 1971 - 2000 keskimääriin sademääriin.

Ennakoitujen ilmastonmuutosten seurauksena nykyistä suurempi osa lumesta sulaa jo talvella. Erityisesti lumipeite vähenee Etelä-Suomessa (Carter 2007). Lumi sulaa pitkin talvea lämpimien ilmavirtausten ja vesisateiden seurauksena. Samalla järvien vesitasot nousevat talvella nykyistä yleemmiksi.

Lämpötilojen nousu ja sademäärien kasvu talvisin tarkoittaa talvitulvien yleistymistä ja voimistumista. Sen sijaan lumipeitteen oheneminen merkitsee keväisten lumitulvien heikentymistä. Toisaalta järviä täyttyminen jo talvella merkitsee sitä, että keväällä on käytettävissä vähemmän tulvavesien varastointitilaa. Tulvatilanteiden hallinta tulee vaikeammaksi kuin käytettävissä olevat vesimassojen virtauksen tasaamismahdollisuudet pienenevät.

Ilmastonmuutoksen vaikutuksesta roudan esiintyminen vähenee ja roudaton kausi pitenee. Ilmaston lämmitessä keskimäärin 2 °C pakkasmäärän arvioidaan pienenevän noin 10 000 Kh. Tarkasteltaessa keskimääräistä talvea tämä muutos tapahtuu noin vuoteen 2050 mennessä. Kun ilman keskilämpötila nousee 4 °C, pakkasmäärä pienenee noin 20 000 Kh. Keskimääräisen talven osalta tämä muutos toteutuu suunnilleen vuoteen 2080 mennessä. (Saarelainen ja Makkonen 2007)

Muutokset merkitsevät jatkossa sitä, että roudan syvyys pienenee ja että routa sulaa aikaisemmin. Vuoden 2080 paikkeilla routa sulaa noin 6 - 7 viikkoa aiemmin kuin nyt. Tavanomaisina talvina maa routaantuu koko Suomessa kuluvan vuosisadan lopullakin. (Saarelainen ja Makkonen 2007)

Routa vaikuttaa keväällä syntyvien sulamisvesien ja sadevesien kulkeutumiseen maastossa (routivan pohjamaan alueilla). Kuitenkin roudan vaikutusaika lyhenee paljon, ja siksi routa vaikuttaa jatkossa eri tavalla mm. kevättulvien kehittymiseen. Etelä-Suomessa roudan sulamiskauden pituus lyhenee muutamaan päivään (nyt noin 2 viikkoa), Keski-Suomessa 2 viikkoon (nyt noin 1,5 kuukautta) ja Pohjois-Suomessa yhteen kuukauteen (nyt noin 2 kuukautta). Tulvien kannalta roudan vaikutusajan lyheneminen merkinnee pääsääntöisesti tulvien heikentymistä, koska maaperä pystyy imemään sulamisvesiä nykyistä aikaisemmassa vaiheessa.

9.5.2 Ääriolojen muutokset lämpötilan ja sateisuuden osalta

Ilmastonmuutoksen vaikutuksia poikkeuksellisten luonnonilmiöiden esiintymistodennäköisyyksiin on tutkittu EXTREMES -projektissa (Makkonen 2007). Tutkimuksessa mallinnettiin sääilmiöiden muutoksia vertailujaksosta 1961 - 1990 ajanjaksoon 2071 - 2100. Tulosten mukaan:

- Kesien maksimilämpötilat nousevat noin viisi astetta (skenaariosimulaatiosta riippuen 3,4 - 5,4 °C),
- Talvien minimilämpötilat nousevat noin kymmenen astetta (skenaariosimulaatiosta riippuen 8,8 - 12,8 °C).

- Kuuden tunnin sekä viiden vuorokauden kestoisten sateiden sadantamaksimit kasvavat Suomessa keskimäärin 25 %, joillakin alueilla erityisesti etelässä jopa yli 50 %. Tämän seurauksena erityisesti rankkasadetulvan riski kasvaa.
- Maksimilumikuormat vähenevät Etelä-Suomessa noin puoleen, mutta pysyvät Pohjois-Suomessa lähes ennallaan (kaikissa skenaariosimulaatioissa vuoden kokonaislumisademäärä vähenee eniten Lounais- ja Etelä-Suomessa, ja pohjoiseen mentäessä muutokset pienenevät).
- Lumipeitteen keskimääräinen vesiarvo (vuosittain) pienenee erittäin merkittävästi, noin 50 %. Lumipeitteen maksimivesiarvo pienenee myös voimakkaasti, mutta ei aivan yhtä paljon kuin keskimääräinen arvo.
- Muutokset lumipeitteen vesiarvoissa ovat luonnollista seurausta lämpenemisestä ja lumisateiden muuttumisesta vesisateiksi.

Äärimmäisten sateiden sadantamaksimien kasvun seurauksena tulvat tulevat voimistumaan erityisesti kaupunkialueilla ja Vantaanjoen kaltaisilla pienillä ja vähäjärvisillä vesistöalueilla.

Seuraavaan on koottu johtopäätöksiä ACCLIM-tutkimuksen eri osioista (Räisänen ja Jylhä 2007):

- Mitä harvinaisemman ilmiön esiintymistä yritetään ennakoida laskentamallien avulla, sitä suurempi on sattuman vaikutus lopputulokseen (eli sitä pienempi on jonkin tietyn laskentamallin avulla saadun toistuvuusarvon toteutumisen todennäköisyys).
- Uusien lämpötilaskenaarioiden tulokset eivät kovin paljoa poikkea aikaisemmista.
- Suomi lämpenee lähivuosisikymmeninä $\sim 0.4 \pm 0.1$ °C/10 v.
- Uusien sademääräskenaarioiden tulokset ovat jonkin verran entistä "määrempiä". Lisäksi sademääräskenaarioiden epävarmuushaarukka on jonkin verran pienentynyt.
- Pohjois-Suomessa lämpötila nousee ja sademäärä lisääntyy hiukan nopeammin kuin etelässä.
- Kuluva vuosisadan loppuvuosisikymmeninä suurimpien päästömäärien skenaario (A1FI) tuottaa noin kaksinkertaisen lämpenemisen pienimpien päästöjen skenaarioon (B1) verrattuna.

FINADAPT -hankkeen mallitulokset Suomen osalta osoittavat järjestelmällisesti ääri-ilmiöiden lisääntyvän. Kesällä rankkasateet voimistuvat enemmän kuin keskimääräinen sademäärän kasvu. Myös talvella rankat sateet voimistuvat, mutta vähemmän kuin keskimääräinen kasvu. Maksimi sademäärä voi kasvaa jopa 40 - 60 %. Talvella lisääntyvä lumen sulaminen ja vesimuotoinen sadanta vaativat tehokkaampaa tulvasuojelua. Vuorokauden maksimisademäärien oletetaan kasvavan 10 - 15 % kesällä ja 5 - 20 % talvella vuoteen 2100 mennessä. (Ruosteenoja et al. 2005, Carter 2007)

Suurtulvatyöryhmän loppuraportissa (Maa- ja metsätalousministeriö 2003) todetaan, että suurimmat sateet tullevat määrällisesti kasvamaan 50 - 80 % (tilastollisesti kerran 250 vuodessa toteutuvat sateet). Päätelmää ei voi suoraan soveltaa kerran sadassa tai kerran kahdessakymmenessä vuodessa tapahtuville sateille.

SYKE on tehnyt arvion muutoksista, jotka kasvihuoneilmiö aiheuttaa isoille vesistöille. Arviossa ennustetaan mm. vesistöjen huippuvirtaamien nousevan jopa 50 % seuraavien 50 - 100 vuoden sisällä. Arvion mukaan tulvat voivat lisääntyä

erityisesti sulan kauden aikana, etenkin loppukesällä ja syksyllä. Kevät ei välttämättä olisi enää jatkossa vuoden suurin tulva-aika. Arvioituun muutokseen vaikuttavat toisaalta leudot ja sateiset talvet, jotka johtavat pienempään lumi- ja jääkertymään sekä maan vettymiseen, toisaalta rankkojen sateiden lisääntyminen yleisesti kuivempina kesinä, jolloin kuivalla maalla on huono imukyky. (Raivio et al. 2005)

Rankkasateet ja kaupunkitulvat eli RATU -hankkeessa on todettu, että harvinaisten ja voimakkaiden sateiden (enemmän kuin 3 mm/min) sademäärät ovat ilmeisesti paljon suurempia kuin on luultu tähän asti tilastojen perusteella. Modernit sadepilvien tutkimukset viittaavat siihen, että tällaisissa harvinaisissa sateissa sademäärät ovat sitä enemmän luultua suurempia mitä harvinaisemmista sateista on kyse. Tarkasteltaessa 1,5 minuutin sadetta tiedetään nyt, että esim. toistuvuuden 1/30 kohdalla sademäärä onkin 4,5 mm/min (tilaston mukaan n. 3,7 mm/min) ja toistuvuuden 1/100 kohdalla sademäärä on n. 6,5 mm/min (tilaston mukaan n. 4,7 mm/min). (Venäläinen 2007)

RATU -projektissa on myös tarkasteltu rankkasateiden määriä ja niiden sijaintia eri leveysasteilla viimeisten 10 - 20 vuoden aikana. Tarkastelu osoittaa, että rankkasateiden esiintymisen todennäköisyys keskimääräisenä kesäkuukautena (kesäsyyskuu) on huomattavasti suurempi Etelä-Suomessa kuin Pohjois-Suomessa. (Venäläinen 2007)

9.6 Vantaanjoen suurtulvia ilmaston uusissa äärioloissa

Saarelainen ja Makkonen (2007) mukaan tienpidossa tarvitaan nykyistä parempi käsitys rakenteiden kestävyuden parantamistarpeesta ilmastomuutoksen johdosta. Tähän liittyen he ovat esittäneet, että toteutuneiden luonnon ääritilanteiden (rankkasateiden, myrskyjen, tulvien, jne.) vaikutuksia tienpitoon pitäisi tutkia eräänlaisina "koekuormituksina", jolloin saataisiin kattavammin tietoa vahinkojen syntymisestä ääritilanteissa ja niiden aiheuttamista kustannuksista.

Ajatusta koekuormituksista voi kehittää eteenpäin seuraavasti. Määritellään ääritilanteita (uhkakuvia) rankkasateista, jotka näyttävät mahdollisilta pitkällä aikavälillä ilmastomuutoksen synnyttämässä uusissa ääriolosuhteissa. Arvioidaan sademäärät ym. parametrit uhkakuvissa ja lasketaan rankkasateiden aiheuttamien tulvien voimakkuutta kohdealueella. Tässä luvussa esitettävät esimerkit äärimmäisistä sateista ja niiden tulvavaikutuksista Vantaanjoen vesistössä pohjautuvat tällaiseen ajatusmalliin. Esimerkkien perusteet on rakennettu edellä esitettyjen tietojen ja arvioiden pohjalta. Esimerkkien toteutumisen todennäköisyys on toki pieni. Tarkoituksena onkin edistää sellaisten valintojen ja sopeutumiskeinojen aikaansaamista, jotka helpottavat selviytymistä tulossa olevista, uhkakuvien kaltaisista suurtulvista.

Uhkakuvien lähtökohtana on näkemys, jonka mukaan kasvihuonekaasujen kasvun rajoittamistoimet maailmassa ovat nykyisellään täysin riittämättömät. Ilmastomuutoksen edetessä mm. säähäiriöiden tyypilliset esiintymisalueet (myrskyradat) siirtyvät napoja kohti, ja muutokset lämpötiloissa ja sademäärissä tulevat olemaan paljon suurempia korkeilla leveysasteilla kuin muualla.

Uhkakuvien rankkasadejaksojen vaikutuksia Vantaanjoen vesistöön arvioitiin tässä työssä kehitetyllä mallilla. Mallin lähtökohtina olivat hydrologiset ja ilmas-

tolliset makroilmiöt ja niiden vaikutukset maantieteellisellä valuma-alueella. Esimerkkilaskelmat antavat yleisluontoisen käsityksen rankkasateiden synnyttämien tulvien voimakkuudesta (vesimäärät ja virtaukset). Tulvien suuruutta ja vaikutuksia voidaan tarkentaa myöhemmin kiinnittämällä arviot digitaalista maastotietoa hyödyntävään vesistö- ja tulvamalliin.

Tulvariskikartoitusta ajatellen on syytä tarkastella kesän myrskysateiden ja voimakkaiden talvisateiden tulvavaikutuksia Vantaanjoen vesistössä. Siksi esimerkeissä tarkasteltiin talvitulvaa ja kesätulvaa tulevaisuudessa pitkällä aikavälillä. Esimerkkien avulla saadaan karkea käsitys yleistyvien, myrskysateiden synnyttämien suurtulvien vesimassoista ja virtaamista.

9.6.1 Suurtulva Vantaanjoessa talvella 2080 - esimerkkitapaus 1

Lähtökohdat

Tulevaisuudessa sademäärät talvella kasvavat paljon, ja myös rankat sateet voimistuvat talvella. Talven keskimääräinen sademäärä voi olla 40 % suurempi ja lämpötila 10 °C korkeampi jaksolla 2071 - 2100 kuin vuosina 1971 - 2000. Lumi sulaa talviaikaankin lämpimien ilmavirtausten ja vesisateiden seurauksena. Ääri-ilmiöiden osalta 6 tunnin ja 5 vrk:n sateiden sadantamaksimit voivat kasvaa Etelä-Suomessa jopa 40 %. Sadantamaksimien kasvun ja lumen sulamisen seurauksena tulvat voimistuvat erityisesti kaupunkialueilla ja Vantaanjoen kaltaisilla pienillä ja vähäjärvisillä vesistöalueilla.

Minkälainen voi olla äärimmäinen sadejakso ja talvitulva Vantaanjoen vesistössä 2080-luvulla, mahdollisesti jo aikaisemmin? Niistä saadaan käsitys kytkemällä yllä sanotut muutokset ilmaston nykyisiin ääriarvoihin ja arvioimalla tulvavesimassojen määrät Vantaanjoen vesistössä.

Vuoden 2005 tammikuu oli lauha ja sateinen. Vantaanjoen alueen aluesadanta 106 mm oli tammikuun ennätys. Pääosa sateesta tuli vetenä ja Vantaanjoen tulvahuippu oli ajankohdalle ennätyksellinen 110 m³/s. Lumen aluevesiarvon suurin arvo oli noin 150 mm ja keskiarvo 50 mm tammikuun puolessavälissä Oulunkylän mittauspisteessä vuosina 1946 - 2005.

Suurtulvan muodostuminen talvella ja sen suuruus vesimäärällä mitattuna

Äärimmäinen sadejakso talvella voi olla vaikutuksiltaan tuhoisa 2080-luvulla. Talven säätyyppi vaihtelee hyvinkin nopeasti. Joulukuussa on pakkasjakso. Sen jälkeen on pitkä ja runsas lumisadejakso, ja lopulta lumen aluevesiarvo on 100 mm Vantaanjoen alueella. Tammikuun lopulla lounaasta saapuu valtava myrskyrintama, ja sitä seuraavat hyvin voimakkaat sateet. Lämpötila nousee +5 - +10 asteeseen. Viiden päivän aikana sataa 130 mm vettä. Maa on roudassa. Kaikki sadevesi ja lumen sulamisvesi valuu jäsiin jokuomiin, ja tuloksena on talvitulva.

Sateista ja lumen sulamisesta kertyy valuma-alueella yhteensä noin 390 miljoonaa m³ vettä, mikä on noin 10 % vähemmän kuin vuoden 1966 tulvan aikainen vesimäärä. Kuitenkin esimerkkitapausten vesimäärä on noin 40 % suurempi kuin vuoden 2004 kesätulvan synnyttänyt vesimäärä.

Virtaama talvitulvassa ja vertailu vuosien 1966 ja 2004 tulvien virtaamiin

Keskeiset erot esimerkkitapahtuman ja vuoden 1966 tapahtuman välillä ovat ne, että esimerkkitapahtumassa pääosa veden kokonaismäärästä tulee vesisateesta (vuonna 1966 pääosa tuli lumen sulamisesta) ja että lumen sulaminen käy paljon nopeammin kuin vuoden 1966 tapahtumassa.

Vantaanjoen vesistöön päätyy esimerkkitulvassa suunnilleen yhtä paljon vettä (288 milj. m³) kuin vuoden 1966 tulvassa (291 milj. m³). Tämä johtuu seuraavista tekijöistä. Esimerkkitahtumassa sadevesi kertyy viiden päivän aikana. Ilman lämpötila nousee suhteellisen korkeaksi, ja siksi lumi sulaa kuudessa päivässä eli lähes samanaikaisesti vesisateen kanssa. Vedestä ehti haihtua vuoden 1966 tulvan aikana selvästi enemmän (noin 75 milj. m³) kuin esimerkkitulvan aikana (noin 45 milj. m³). Molemmissa tapahtumissa vettä varastoituu järviin yhtä paljon.

Esimerkkitulvassa huippuvirtaamien koko kasvaa erittäin suureksi Vantaanjoessa, Keravanjoessa ja vesistöalueen muissa joissa, puroissa ja pienemmissä vesiuomissa. Huippuvirtaamien valtavuus johtuu vesimäärän suuruudesta tulvassa ja tapahtumien nopeasta kulusta. Esimerkkitulvan huippuvirtaama on noin 450 m³/s Helsingin Oulunkylän havaintoaseman kohdalla. Siten huippuvirtaama on noin 40 % suurempi kuin se oli vuoden 1966 tulvassa (317 m³/s). Myös muualla Vantaanjoen vesistössä esimerkkitulvan huippuvirtaamat ovat merkittävästi suurempia kuin ne olivat vuonna 1966.

Vuoden 2004 tulvan huippuvirtaamaan (175 m³/s Oulunkylässä) verrattuna esimerkkitulvan huippuvirtaama on valtavasti suurempi.

Esimerkki talvitulvan levinneisyysalueesta ja vaikutuksista

Esimerkkitulvan kaltaiset suurtulvat tulevaisuudessa ovat vaikutuksiltaan todennäköisesti huomasti vahingollisempia kuin vuoden 1966 kevättulva, ellei tulvasuojelua paranneta radikaalisti Vantaanjoella ja vesistöalueen muilla keskeisillä joilla ja puroilla.

Vantaan kaupungissa on käytetty vuoden 1966 tulvan levinneisyysalueesta tehtyä tulvavaarakartta mm. kaava- ja aluesuunnittelun ohjenuorana siten, että (ainakin pääsääntöisesti) uudisrakentaminen on ohjattu tulvavaara-alueiden ulkopuolelle. Menetelmä on toiminut hyvin tähän mennessä. Kuitenkin tämän tutkimuksen tulosten perusteella ko. rakentamisen ohjausperuste ei näyttänyt riittävältä tulevaisuudessa pitkällä aikavälillä.

Esimerkkitulvan toistuvuus olisi suunnilleen kerran 1000 tai 2000 vuodessa, jos mittarina käytetään nykyisiä, Gumbel -jakaumalla laskettuja toistumislukuja ja lisäksi oletetaan, että esimerkkitulva asettuu Gumbel -paperilla samalla tavalla toistuvuusalueen yläpuolelle kuin vuoden 1966 kevättulva. Vantaanjoen yläjuoksulta Riihimäen kaupungin kohdalta on tehty sarja tulvavaarakarttoja, joista yksi kuvaa tulvavesiriskin alaisia alueita sellaisella suurtulvalla, jonka virtaama toistuu tilastollisesti kerran 1000 vuodessa (Ympäristöministeriö 2006). Sitä tarkastelemalla saa jonkinlaisen käsityksen veden alle joutuvan alueen laajuudesta esimerkkitulvassa.

Tulvaveden korkeutta esimerkkitapauksessa ei voitu arvioida tässä työssä. Tulvavesi leviäisi kuitenkin paljon laajemmalle alueelle kuin vuoden 1966 tulvassa.

Jään liikkuminen ja patoutuminen jokiuoman kapeikkoihin voisi nostaa paikoitellen tulvaveden korkeutta rajustikin. Tulvavesi leviäisi laajalti myös taajama-alueille, valtaisi teitä ja tunkeutuisi rakennuksiin ja rakenteisiin. Esimerkkitulva kesäisi vajaat kaksi viikkoa.

Tulvaveden vetäytyessä säätila muuttuu nopeasti kylmäksi idästä tulevan korkeapaineen vaikutuksesta. Paikat jäätyvät, osin myös rakenteisiin tunkeutunut vesi. Rakennusten vesivahinkojen korjaaminen käy hyvin vaikeaksi, ja osa korjauksista viivästyy paljon.

9.6.2 Suurtulva Vantaanjoessa kesällä 2070 - esimerkkitapaus 2

Lähtökohdat

Maailmanlaajuisilla ilmastomalleilla tehdyt skenaariot osoittavat, että pahassa vaihtoehdossa keskimääräinen vuosilämpötila Suomessa on vähintään 6,4 °C korkeampi vuosina 2070 - 2099 kuin vuosina 1971 - 2000. Jo pienehkö ilmaston yleinen lämpeneminen lisää huomattavasti hyvin lämpimien kuukausien esiintymistä.

Ilmakehässä oleva vesimäärä kasvaa ilmaston lämpenemisen myötä, ja rankkasateet voimistuvat. Ääri-ilmiöiden osalta 6 tunnin ja 5 vrk:n sateiden sadantamaksimit voivat kasvaa jopa 60 %. Rankat sateet lisääntyvät yleisesti kuivempina kesinä, jolloin kuivalla maalla on huono vedenimukyky. Rankkasateiden esiintymisen todennäköisyys on huomattavasti suurempi Etelä- kuin Pohjois-Suomessa.

Kesätulvan 2004 aiheuttanut neljän vuorokauden sadesumma 155 mm toistuu nykyisin keskimäärin kerran 50 vuodessa Ilmatieteen laitoksen mukaan. Tavanomaisilla tilastomenetelmillä laskettuna 150 mm sademäärä alle vuorokaudessa toistuu keskimäärin kerran 100 vuodessa. Vöyrillä satoi 160 - 170 mm vettä 1 - 2 vrk:ssa kesällä 2004. Oravaisten Kimossa satoi 151 mm vuorokaudessa kesällä 2004. Porissa satoi 130 mm kolmessa tunnissa elokuussa 2004. Minkälainen tulva syntyy kahdesta peräkkäisestä Vöyrimäisestä sadepäivästä? Entä jos tulee oikein pitkä ja voimakas sadekausi?

Suurtulvan muodostuminen kesällä ja sen suuruus vesimäärällä mitattuna

Pitkällä aikavälillä (noin 70 vuoden tähtäimellä) suurten sateiden voimakkuus voi lisääntyä jopa 60 %. Nykyinen heinäkuun aluesadannan suurin toteutunut määrä Vantaanjoen vesistöalueella oli noin 210 mm (vrt. kuva 1 luvussa 4.1). Ennakoitu 60 % kasvu siihen tarkoittaa siten noin 335 mm suuruista aluesadantaa kuukaudessa.

Tässä esimerkkitapauksessa oletetaan, että kesällä 2070 Vantaanjoen valuma-alueella koetaan kaksi suurta, lähekkäin tapahtuvaa rankkasadejaksoa. Niiden välissä on neljä sateetonta poutapäivää, ja jälkimmäisen sadejakson jälkeen on poutajakso. Sadejaksojen tuloksena vesistöalueella kertyy yhteensä 300 mm suuruinen aluesadanta. Seurauksena on ennätysellisen suuri kesätulva.

Sateista kertyy valuma-alueella yhteensä noin 506 milj. m³ vettä, mikä on noin 18 % enemmän kuin vuoden 1966 tulvan aikainen vesimäärä. Vuoden 2004 kesätulvaan verrattuna esimerkkitapauksen vesimäärä on yli 80 % suurempi.

Virtaama kesätulvassa ja vertailu vuoden 2004 tulvan virtaamaan

Maaperän imukyky alenee vähitellen voimakkaan ja pitkän sadejakson aikana. Tässä oletetaan, että jälkimmäisen sadejakson vedestä imeytyy maahan vain 50 % siitä määrästä, joka imeytyisi tavallisissa olosuhteissa. Näin ollen vettä imeytyy maahan noin 100 milj. m³ koko tapahtumajakson aikana yhteensä.

Sadejaksojen alkaessa vesistöalueen järvissä on melko paljon vettä. Ensimmäisen sadejakson aikana vettä varastoidaan järviin ym. altaisiin niin paljon kuin niihin mahtuu, eli noin 25 milj. m³ vettä. Altaista ei ehditä valuttaa pois yhtään niihin varastoitua vettä ennen toisen sadejakson alkamista.

Vettä ei haihdu voimakkaina sadepäivinä läheskään niin paljon kuin poutapäivinä. Toisaalta esimerkkitapaus kestää yhteensä 3 viikkoa, joista kolmannes on lämpimiä poutapäiviä. Näin ollen vettä ehtii haihtua noin 115 milj. m³ koko tapahtumajakson aikana yhteensä.

Paljonko sadevedestä valuu jokiin? Edellä sanotun perusteella päädytään siihen, että sadejaksoilla maahan tulleesta vedestä runsaat puolet, eli noin 260 milj. m³, valuu jokiin ja uomiin Tämä on noin 130 % enemmän kuin vuoden 2004 tulvassa.

Esimerkkitalvitulvan huippuvirtaama

Esimerkkitulvassa huippuvirtaama koetaan jälkimmäisen sadejakson lopulla. Tällöin esimerkkitulvan huippuvirtaama on suunnilleen 250 m³/s Helsingin Oulunkylän havaintoaseman kohdalla. Se on siis noin 40 % suurempi kuin vuoden 2004 tulvan huippuvirtaama. Myös muualla Vantaanjoen vesistössä esimerkkitulvan huippuvirtaamat ovat paljon suurempia kuin ne olivat vuonna 2004. Ne ovat kuitenkin pienempiä kuin vuoden 1966 talvitulvan huippuvirtaamat.

Esimerkkitulvan toistuvuus olisi suunnilleen kerran 70 vuodessa, jos mittarina käytetään nykyisiä, Gumbel -jakaumalla laskettuja toistumislukuja.

10 Menetelmiä tulvimisen vähentämiseksi ja estämiseksi

10.1 Periaatteet

Itämeren rannoilla meriveden tulvariskit ovat hyvin paljon riippuvia siitä, miten pitkälle tulevaisuuteen riskiä katsotaan. Merentutkimuslaitoksen tutkimuksen (Kahma et al. 1998) mukaan alin suositeltava rakennuskorkeus Helsingin alueella on 2,3 m N60-järjestelmän nollakohdan yläpuolella. Tämä on keskimäärin kerran vuoteen 2200 mennessä saavutettava vedenkorkeus (keskimäärin kerran sadassa vuodessa saavutettava vedenkorkeus on 1,6 m). Suositus perustuu seuraaviin rakennuksia koskeviin olettamuksiin:

- Rakennuskorkeuden enintään metrin luokkaa oleva nosto ei mainittavasti muuta rakennuskustannuksia tai vähennä rakennuksen käyttöarvoa.
- Tulvimisen aiheuttamat vauriot ja esimerkiksi homevaurioiden korjaus aiheuttavat merkittäviä kustannuksia rakennuksen kokonaiskustannuksiin verrattuna.
- Rakennuksen oletettu käyttöikä on 200 vuotta.

- Merivesi saa saavuttaa alimman suositeltavan tason rakennuksen käyttöaikana todennäköisimmin vain kerran ja korkeintaan muutamia kertoja, mutta ei toistuvasti.
- Helsingin suojapadon mahdollista rakentamista ei ole otettu huomioon.
- Rakennuspaikan edessä olevalle rannalle ei pääse aaltoja.

Järvien rannoille (yli 100 ha järvet) on Uudenmaan ympäristökeskus antanut suosituksia alimmista rakentamiskorkeuksista. Nämä suositukset ovat yksi mahdollinen tulvavaara-alueen määrittämiskriteeri. Espoossa järvien keskivesikorkeus ja Uudenmaan ympäristökeskuksen suositukset eroavat toisistaan 0,8 - 1,8 m järvestä riippuen (Espoon tulvatyöryhmä 2005, s. 9).

Kaavoituksessa ja rakentamisen suunnittelussa on pyrittävä välttämään tulvariskin alaisille alueille rakentamista, tahi on erikseen osoitettava, miten mahdollinen tulvavahinko voidaan estää tai rajoittaa. Samoin on uudelleenkaavoituksessa selvitettävä, millä toimenpiteillä voidaan vanhan rakentamisen tulvakestävyyttä parantaa

Tulvakorkeudet ranta-alueilla vaikuttavat kunnallistekniikan, mm. hulevesiviemärien purkuolosuhteisiin tulva-aikana. Jos tulva aiheutuu rankkasateesta, voi purkuviemäriin padottuminen aiheuttaa ylemmän verkoston ylitulvimista. Tätä voidaan lieventää hulevesijärjestelmään rakennetuilla imeytys- ja allastusjärjestelyillä, joilla voidaan pienentää purkautuvan veden virtaamaa. Hulevesiverkoston tilan seurannassa voidaan käyttää hyväksi pumppaamoilla tapahtuvaa virtaaman mittausta. Mittaustietojen perusteella voidaan arvioida verkoston kuormitusta ja myös vuorovesien osuutta virtaamasta vertaamalla mitattuja arvoja verkostomallinnuksen antamiin tuloksiin.

Edelleen tulvavahinkoriskistä vanhoilla alueilla voidaan saada tietoja mm. vahinkoilmoitusten muodostaman palautteen avulla. Tämän perusteella voidaan käynnistää selvitykset kuivatuksen toiminnasta ja mahdollisista puutteista.

Kuivatussuunnittelussa tulisi ottaa käyttöön olosuhteita paremmin kuvaava, tietokoneavusteinen, hydrologinen analyysi- ja suunnittelutapa. Siinä veden kiertoa tarkastellaan alueellisesti valuma-alueen puitteissa. Kehittyneet suunnittelumenetelmät voivat sisältää mm. imeytysratkaisujen ja viivästysaltaiden käytön putki- ja avouomavirtauksen ohella.

Myös mitoitussadanta tulisi selvittää vastaamaan nykytilaa ja mahdollisesti tulevia rankkasateita. Mitoitussadannan määrittämisessä tulisi ottaa huomioon myös rankkasateen aiheuttamat vahinkovaikutukset.

Tietolähteitä tulviin varautumisesta:

- Helsingin Energia ja Helsingin Vesi ovat tehneet yhteiskäyttötunneleiden turvallisuus- ja pelastussuunnitelman, jossa on otettu huomioon myös tunnelitulvat.
- Helsingin Energia on laatinut kaukolämpöverkolle tulvalistan, josta ilmenevät tulvaherkät kaukolämpöverkon osat.
- Helsingissä tehdään vuonna 2007 hulevesistrategia, jonka avulla pyritään vähentämään mm. paikallisia kaupunkitulvia.

- Helsingissä (ilmeisesti) tehdään tulvantorjuntastrategiaa ja toimenpidesuunnitelmaa, jonka piti valmistua 30.6.2007 mennessä, mahdollisesti Kaupunkisuunnitteluviraston johdolla (Helsingin kaupunki 2005).

10.2 Tulvavaara- ja tulvariskikartat

Tulvakartalla tarkoitetaan karttaa, jolla on esitetty tulvan arvioitu laajuus erikoisilla tulvilla. Tulvavaarakartalla kuvataan lisäksi vaaran astetta. Vaaran asteena käytetään yleensä vesisyvyyttä, mutta sitä voidaan kuvata myös virtausnopeudella tai tulvan etenemisnopeudella. Aihetta on käsitelty laajemmin ympäristöhallinnon Ympäristöopas -sarjan julkaisussa ”Opas yleispiirteisen tulvavaarakartoituksen laatimiseen” (Sane ym. 2006).

Tulvavaarakartat helpottavat tulviin varautumista ja operatiivista tulvantorjuntaa. Tulvavaarakarttoja voidaan käyttää apuna tulvariskikartoituksen laatimisessa, maankäytön suunnittelussa ja tiedottamisessa. Karttojen avulla voidaan myös kohdentaa tulvasuojelu- ja tulvantorjuntatoimenpiteitä tehokkaammin.

Kartan laatiminen perustuu esimerkiksi virtausmallien, toistuvuusanalyysien ja vedenkorkeushavaintojen avulla määritettyihin tulvavedenkorkeuksiin. Lisäksi tarvitaan maanpinnan korkeusmalli tarkasteltavana olevalta alueelta. Yhdistämällä tulvavedenkorkeudet maastomalliin saadaan selville tulvan leviäminen. Yleensä pyritään selvittämään Eri toistumisaikoja vastaavat tulvaveden korkeudet, jolloin samalla karttapohjalla voidaan esittää tulvien leviäminen eri toistumisajoilla. (Suhonen ja Rantakokko 2006, s.73)

Käytettävissä oleva mittakaava riippuu maastomallin tarkkuudesta. Erityisen merkittävälle kohteille voidaan laatia yksityiskohtainen tulvavaarakartta, jolloin määritetyt tulva-alueet voidaan esittää esimerkiksi peruskartalla, mittakaavassa 1:20 000. Yleispiirteistä tulvavaarakarttaa laadittaessa tarkkuus suhteutetaan tulvan aiheuttamaan riskiin ja esitysmittakaava ja taustakartta valitaan lähtötietojen tarkkuuden ja käyttötarpeen perusteella. Korkeusmallin tarkkuussuosituksia on esitetty taulukossa 26.

Vantaanjoen pääuoman virtaamia ja vedenkorkeuksia on tarkoitus mallintaa HEC-RAS -ohjelmistolla. Se on yksiulotteinen virtausmalliohjelmisto, joka mahdollistaa virtauksen mallintamisen stationäärisellä ja muuttuvalla virtauksella. Virtausmallia varten tarvitaan poikkileikkaustietoa uomasta ja tulva-alueelta. Mallia voidaan myöhemmin tarkentaa uusilla maastomittauksilla tai laajentaa koskemaan myös sivu-uomia. Virtausmallilla laskettuja vedenkorkeuksia voidaan käyttää tulvavaarakarttojen laadintaan ja tulvasuojelurakenteiden mitoittamiseen. Mallin avulla voidaan tutkia tulvasuojelutoimenpiteiden vaikutuksia virtaamiin ja vedenkorkeuksiin. (Suhonen ja Rantakokko 2006, 73)

Vantaanjoella oli aluksi tarkoitus laatia tulvavaarakartta Vantaanjoen alaosalta Helsingin ja Vantaan alueelta. Keravanjoelta ei ollut poikkileikkausaineistoa, eikä tulvavedenkorkeuksia voitu siksi mallintaa.

Vantaanjoen sekä Rekolanojan ja Kylmäojan vesistöistä on tehty pienimuotoiset tietokonemallit. Niiden avulla näistä vesistöistä on kehitelty myös tulvamallinnuksia. Lisäksi Vantaanjoki laserkeilattiin kesällä 2006 Vantaan kaupungin rahoituksen turvin. Laserkeilauksen perusteella korkeustasojen mittauksessa ja

topografiakartoituksessa päästiin jopa 5 cm tarkkuuteen. Uudenmaan Ympäristökeskus on laatimassa vesistömallia Vantaanjoesta hyödyntäen laserkeilauksen tuloksia.

Riihimäen alueelta on jo laadittu virtausmalli ja sen avulla sarja tulvavaarakarttoja eri tulvavedenkorkeuksille (vedenkorkeuden toistuvuus 1/20a, 1/50a, 1/100a, 1/250a ja 1/1000a).

Taulukko 26. Tulvavaarakartoituksessa käytettävän korkeusmallin tarkkuussuosiot eri esitysmittakaavoja käytettäessä (Sane ym. 2006, Maanmittauslaitos 2003, cit. Suhonen ja Rantakokko 2006, s.74).

	yksityiskohtainen tulvavaarakartta	yleispiirteinen tulvavaarakartta	
Kohde	Erittäin merkittävä tulvariskialue	Merkittävä tulvariskialue	Alustava kartoitus tulvien esiintymisestä
Esitysmittakaava	1:20 000	1:50 000	1:250 000
Taustakartta	peruskartta	yleistetty, ei rakennuksia, tulvatilanne tiestöllä näkyvissä	hyvin yleistetty, ei rakennuksia, vain suurimmat tiet
Suositeltu korkeusaineiston vähimmäisvaatimus	MML:n kantakartan mittausluokka 1	MML:n kantakartan mittausluokka 2	MML:n 25 m korkeusmalli
Korkeusmallin korkeustarkkuus¹⁾	± 0,3 m	± 0,5 m	± 1,8 m ²⁾

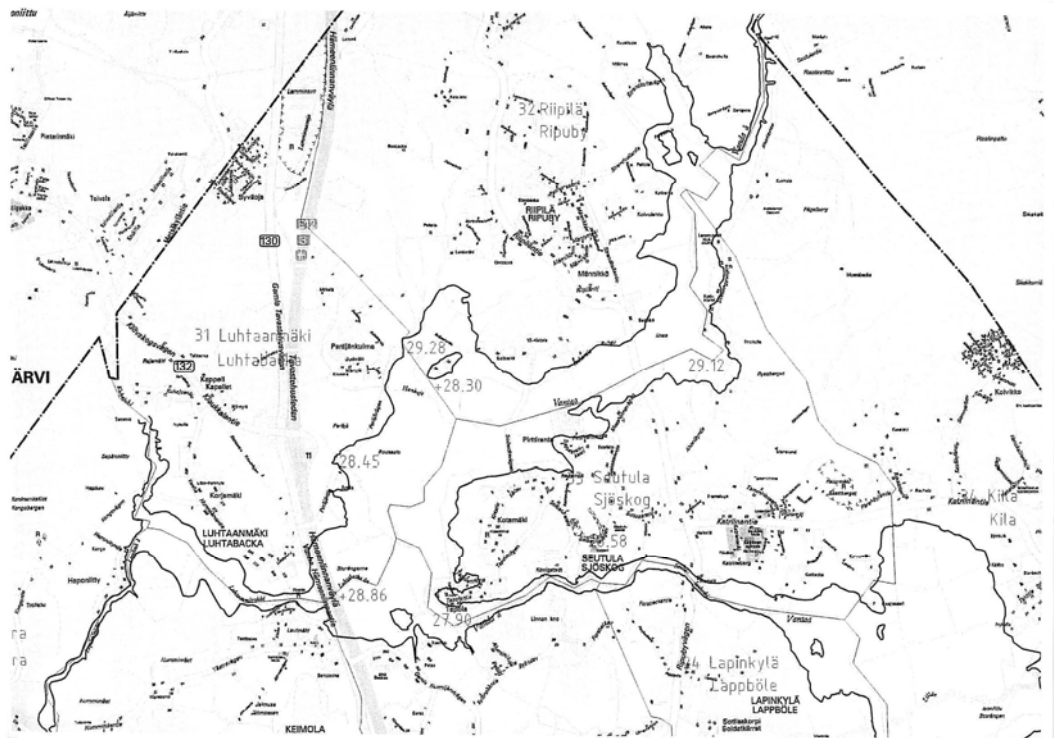
¹⁾ Satunnaisotoksessa saa virherajan ylittäviä pisteitä esiintyä korkeintaan 5 %.

²⁾ Maanmittauslaitoksen uuden 10 m korkeusmallin korkeustarkkuus on noin ± 1 m. Melkein samaan tarkkuuteen päästään myös maastotietokannan korkeuskäyristä tuotetulla korkeusmallilla. Molempia aineistoja käytettäessä voidaan tulvavaarakartta esittää mittakaavassa 1:100 000.

Vantaan kaupungin tulvariskikartat ja tulvasuojelusuunnitelmat

Vantaalla tehtiin mahdollisimman tarkka tulvakartta vuoden 1966 tulvaveden korkeuksista sekä tulvan levinneisyysalueista eli veden peittämistä maa-aloista eri puolilla kaupunkia (kuva 18). Tulvakarttaa tarkistettiin eräin osin vuoden 2004 kesätulvasta saatujen tietojen perusteella. Lisäksi asemakaavoihin on merkitty tarvittaessa alimmat sallittavat lattiakorkeudet tai kellarien rakentamiskielto tulva-herkillä alueilla.

Tulvakarttaa on Vantaalla pidetty eräänlaisena tulvariskikarttana. Tulvakarttaa on käytetty järjestelmällisesti Vantaalla kaavoituksen ja rakennuslupa-asioiden yhtenä keskeisenä perusteena, eikä sen osoittamille alueille ole kaavoitettu rakentamista eikä sallittu rakentamista poikkeusluvalla.



Kuva 17 Tulva-alueen kartoitettu laajuus ja tulvaveden korkeuksia kevään 1966 tulvalla Länsi-Vantaalla.

Keravanjoen puolella tulvakartan merkitys on pienentynyt 1993 valmistuneiden uoman kunnostus- ja tulvasuojelutyön perkausten myötä, jotka ulottuivat Matarinkosken yläpuolelta Sipoontielle. Jokea perattiin noin 2,2 km:n matkalta Sipoossa ja Vantaalla. Perkausten tavoitteena oli suojella alueen asuinrakennukset keskimäärin kerran sadassa vuodessa toistuvalla tulvalla ja pienentää tulva-alueita Matarinkoskelta Vantaan ja Keravan rajalle. Kesätulvalla 2004 ei järjestelytyön hyötyalueelta tullut yhtään tulvavahinkolain mukaista vahinkohakemusta.

Vantaalla oli vain vähän ennen vuotta 1966 rakennettuja asuinrakennuksia, jotka sijaitsivat vuoden 1966 tulva-alueella. Merkittävin tällainen kohde oli Pirttirannan lomamökkialue, joka sijaitsi Seutulassa aivan Vantaanjoen varrella, ja joka oli siksi kärsinyt suuriakin vahinkoja eri vuosien tulvissa. Muut vuoden 1966 tulva-alueella sijaitsevat rakennukset olivat pääasiassa maa- ja metsätaloustilojen rakennuksia.

Vantaalla tulvarajoitusten huomioon ottamien tuloksena vuoden 1966 jälkeen tapahtuneissa tulvissa syntyneet vahingot ovat jääneet suhteellisen pieniksi. Esimerkiksi kesän 2004 tulvassa vauriot koskivat pääasiassa liikenneväyliä, joita jouduttiin tulvan aikana sulkemaan.

Vantaalla toimi tulvatyöryhmä (Koponen 2006), joka kävi läpi kesän 2004 tulvan aiheuttamat vahinkotapaukset ja suunnitteli tulvariskikohteisiin suojausratkaisuja. Kuitenkin jopa huomattavimpia toimenpiteitä edellyttäviä kohteita olivat vielä kesken, mm. seuraavat:

- Pirttirantaa varten on laadittu tulvasuojelusuunnitelma, mutta sen toteuttamisesta ei ole vielä päätöstä.

- Liikenneverkon puolella oli joitakin tunnistettuja tulvariskikohteita, mm. Tikkurilassa Pääradan alittava tie, joka oli Keravanjoen mahdollisen tulvakorkeuden alapuolella.

Helsingin kaupungin tulvatorjuntasuunnitelma

Helsingissä toimi tulvatyöryhmä (Koponen 2006), joka oli laatinut tulvatorjuntasuunnitelman. Siinä on esitetty mm. seuraavia asioita:

- Varautuminen meriveden pinnan nousuun.
 - Kun meriveden pinta nousee +90...+130 cm, ryhdytään toimenpiteisiin, joihin osallistuu useita hallintokuntia ja laitoksia.
 - Erityisiä toimenpiteitä aiheuttavat mm. satamat ja meren äärellä sijaitsevat arvokkaat rakennukset.
 - Suojausmenetelminä käytetään ensisijaisesti tilapäisiä patorakenteita.
 - Suunnitteilla on myös pysyviä tulvarakenteita.
- Varautuminen Vantaanjoen vedenpinnan nousuun.
- Varautuminen rankkasadetulviin, putkirikoista johtuviin tulviin ja patomurtumaan (Silvola).
- Kaavoituksessa varaudutaan tulvariskiін uusilla kaava-alueilla määrittämällä alimpia sallittavia lattiakorkeuksia.

Espoön kaupungin tulvavaarakartat

Espoosakin toimi tulvatyöryhmä (Koponen 2006), ja Espoossa oli laadittu tulvavaarakartat. Niissä on esitetty mm. seuraavia asioita:

- Meren rannalla varaudutaan kerran 200 vuodessa ja järvien rannalla kerran 50 vuodessa sattuviin tulviin.
 - Alimmat lattiatasot meren rannalla +3 m ja järvien rannalla +1,5 m keskivedenpinnan yläpuolelle
- Tulvariskit ja niiden edellyttämät suojaustoimenpiteet otetaan huomioon kaavoituksessa ja rakennusvalvonnassa.
- Äärimmäisen rankkojen, lyhytkestoisten sateiden aiheuttamien ns. kaupunkitulvien vaatimukset otetaan myös huomioon kaavoituksessa.
 - Joki- ja puroumien alueilla sijoitetaan rakentamisalueet niin ettei tulvavaaraa ole.
 - Tulvavesille voidaan osoittaa tasausaltaita ja tulvareittejä.
- Kiinteistöt vastaavat alueellaan tarvittavista tulvasuojelutoimenpiteistä.
- Kaupunki huolehtii laajempien alueiden, teiden ja katujen tulvasuojauksesta.
- Espoon Vesi huolehtii viemäriverkostojen ja käsittelylaitosten tulvasuojauksesta.

Varautumissuunnittelu Keravalla tulvien ja tulvavahinkotilanteiden hallinnan varalle

Keravanjoesta ei ollut laadittuna tulvariskikarttoja. Keravalla on kuitenkin merkitty muistiin havaintoja Keravanjoen uoman vedenkorkeuksista kevään 1966 tulvan ajalta. Vertaamalla tulvaveden korkeuksia alueen topografikarttaan, voitiin havaita, että tulvan alle olisi jäänyt muutamia rakennuksia.

Keravalla ei varautumissuunnittelua ole varsinaisesti tehty. Erilaisia korjauksia tehdään toiminnallisen suunnittelun osana. Keravalla varautumissuunnittelua ei

nähty kovin kiireellisenä, koska vuoden 2004 tulvassa ei ilmennyt suurempia ongelmia.

Tuusulan seudun vesilaitos kuntayhtymä oli tehnyt reservi- ja varautumissuunnitelmat vesihuollolle. Niissä tarkasteltiin mm. esimerkkitilanteita, kun puhtaan veden tuloputki menee poikki tms., tahi kun jätevesitunneli on ummessa tulvan takia.

10.3 Suurtulvat alue- ja kaavasunnittelussa

Tulvarajat määritetään nykyisin sellaisen sadannan ja vedenkorkeuden perusteella, jotka toistuvat tilastollisesti kerran 20 vuodessa (1/20). Tämä on ilmeisesti korkea toistuvuustaso ajatellen ilmastonmuutoksen vaikutuksia.

Tulvarajojen määrittämisessä tulisi harkita siirtymistä käyttämään sellaisia sadannan määriä ja vedenkorkeuden tasoja, jotka nykyisen havaintotiedon mukaan toistuvat tilastollisesti kerran 100 vuodessa tai jopa kerran 200 vuodessa. Esimerkiksi Vantaanjoen vedenkorkeudet pahimmilla tulva-alueilla vuoden 1966 tulvassa (ilmakuvien perusteella arvioidut) alkavat edustaa tämän käsityksen mukaisia tulvarajoja.

Maankäytön suunnittelu ja kaavoitus ovat tärkeimpiä keinoja vesistötulvavahinkojen estämiseksi ja rajoittamiseksi. Tämä on suhteellisen hyvin tiedossa Suomessa eikä tulva-alttiille alueille esimerkiksi yleensä myönnetä rakennuslupia.

Rakennuskorkeussuositukset on määritelty kerran sadassa vuodessa sattuvan tulvan tason yläpuolelle. Kuntien rakennusjärjestysten mukaan rakennuksen perustamissyvyyttä ja lattiakorkeutta määritettäessä tulee huomioida myös viemäriverkoston padotuskorkeus, pohja- ja tulvaveden korkeus sekä perustusten kuivanaipitomahdollisuus.

Kaava-alueen kuivatussuunnitelmassa on selvitettävä alueen kuivanaipidon periaatteet, mm. rakennettavan hulevesiviemäroinnin verkosto sekä siihen liittyvät imeytys- ja allastusratkaisut, purkukohdat ym. Samoin on suunniteltava, miten mitoitussadetta voimakkaamman rankkasateen aiheuttama ylivuoto voidaan johtaa ilman vahinkoja.

Suunnitelmien perusteella voidaan varata kaavasunnitelmassa tilaa tulvasuojelun edellyttämille rakenteille kuten suojapadoille, tulva-altaille ym. rakenteille.

Toteutuneista tulvista saatavien kokemusten hyödyntäminen maankäytön suunnittelussa ja kaavoituksessa on erittäin tärkeää. Esimerkiksi Vantaan kaupungissa selvitettiin vuoden 1966 tulvan vedenkorkeuksia, tulvaveden valtaamien alueiden laajuutta ja tulvan vaikutuksia. Tulosten perusteella laadittiin kaavoitusta ja rakentamista ohjaavia määräyksiä ja suosituksia. Niiden seurauksena mm. vuoden 2004 tulvan aiheuttamat vahingot olivat paljon pienemmät, kuin ne olisivat olleet ilman vuoden 1966 tulvan kokemusten huomioon ottamista.

Riihimäellä kaupungin aluetta ei perinteisesti katsottu tulva-alttiiksi alueeksi. Niinpä etenkin vanhemman rakennuskannan suunnitteluvaiheessa tulvariskiä ei välttämättä huomioitu. Tämän seurauksena kesän 2004 tulvassa tulvavesi aiheutti suoranaisesti osan tulvavahingoista. Tulvavesi vaikutti tuhoihin myös epäsuorasti

aiheuttamalla viemäreiden tulvimisen. Suurin osa kärsityistä rakennus- ja muista vahingoista kesän 2004 tulvassa johtui viemäreiden ylikuormituksesta.

Pohjanmaalla Kimojoen tulvimismahdollisuus oli tiedostettu mm. Oravaisissa jo pitkään, ja sen ansiosta viimeisen 30 - 40 vuoden aikana rakennetuista talosta yksikään ei kärsinyt mittavia tulvavahinkoja kesällä 2004. Sen sijaan vanhemmissa taloissa, jotka on rakennettu ennen uusia rakennuslupamääräyksiä, tulva aiheutti mittaviakin ongelmia.

10.4 Säännöstelyjen vaikutus ja mahdollisuudet

Vantaanjoen suurimpia järviä säännöstellään järvikohtaisten vesioikeudellisten lupaehtojen mukaisesti. Lupaehdoissa on määritetty vedenkorkeuksien sallitut ylä- ja alarajat sekä vedenkorkeuteen sidotut juoksutusten raja-arvot eri tilanteissa.

Tuusulanjärven säännöstelypadon harjan korkeus on N60 + 38,60 m (NN+38,50) ja sen hätä-HW on N60 + 38,60 m. Säännöstelyluvan mukaan järven vedenkorkeuden ylittäessä säännöstelyyn ylärajan on vettä juoksutettava vähintään 5,5 m³/s korkeuden NN + 38,00 m yläpuolella.

Säännöstelyillä järvillä toteutetaan yleensä ennen kevättulvan alkua ns. kevätalennus. Järven vedenpintaa laskemalla tehdään tilaa tulvavesille, jolloin järveen voidaan varastoida tulvahuipun aikana enemmän vettä ja pienentää alapuolisen vesistön virtaamaa. Kesällä järvien vedenpintoja pidetään virkistyskäytön takia korkeammalla, ja käytettävissä oleva varastotilavuus on tulvan sattuessa pienempi kuin keväällä.

Rankkasateista aiheutuvan tulvan nousu on usein varsin nopea ja vaikeasti ennustettavissa. Aikaa juoksutusten kasvattamiseen jää vähän, eikä järvien pintoja ehditä laskea ennen tulvaa. Säännöstelyillä on siten kesätulvilla vähäisempi merkitys.

Latvajärvien säännöstelyllä on paikallisesti merkittävä vaikutus eri tulvatilanteissa. Suurella tulvalla järviin varastoituva vesimäärä on kuitenkin suhteellisen pieni Vantaanjoen alaosan tulvavirtaamiin verrattuna. Käytettävissä oleva varastoitumisaika on runsailla keskeytymättömillä sateilla ajankohdan vedenkorkeudesta riippuen 3 - 5 vuorokautta, minkä jälkeen juoksutus on nostettava tulovirtaaman tasolle.

Kesätulvan 2004 aikana säännöstelyihin järviin varastoitiin yhteensä noin 10,5 milj. m³ vettä, jolla pystyttiin leikkaamaan Vantaanjoen kokonaisvirtaamaa keskimäärin noin 24 m³/s. Jos vedenkorkeudet olisi järvissä nostettu hätä-HW - korkeuteen, olisi varastotilavuutta saatu lisää noin 3,8 milj. m³. Kesän 2004 tulvalla olisi siten teoriassa voitu pienentää koko Vantaanjoen virtaamaa keskimäärin vielä noin 9 m³/s, mikä olisi tarkoittanut vedenpinnan alenemista Oulunkylässä alle 10 cm:llä.

Käytettävissä oleva lisätilavuus olisi siis ollut huomattavasti pienempi kuin säännöstelyjen järvien koko säännöstelytilavuus. Tämä selittyy sillä, että säännöstelyyn yläraja oli kaikilla järvillä jo ylitetty. Lisäksi Valkjärvellä virtaussuunta kääntyy tulvatilanteessa järveä kohti, ja säännöstelypato on suljettava järven vedenlaadun turvaamiseksi. Valkjärven säännöstelyluvan mukaan järveen saa padota vettä kor-

keuteen NN + 34,20 m. Koko tilavuus hätä-HW -korkeuteen saakka ei siten ole käytettävissä.

Veden pinnan aleneminen kriittisissä tulvapaikoissa voidaan saada aikaan mm. suurentamalla Vantaanjoen uomaa tai ruoppaamalla ja perkaamalla koskipaikkoja. Uudenmaan ympäristökeskuksen suurtulvaselvityksen (Ollila, Virta ja Hyvärinen 2000) liitteessä 4 (Koivunurmi ja Huhta 1999) todetaan, että Vantaanjoen alajuoksulla olevien tulva-alueiden poistaminen olisi teknisesti mahdollista mm. Vantaankosken ja Vanhankaupunginkosken perkauksilla. Kosket ovat kuitenkin kulttuurihistoriallisesti niin arvokkaita, ettei perkauksia voitane suorittaa. Jos Vantaanjoen säännöstelyä jostain syystä tehostetaan, niin tämänlaisella toiminnalla voidaan auttaa myös alajuoksun rantojen tulvasuojelua.

Yllä mainitussa liitteessä 4 (Koivunurmi ja Huhta 1999) todetaan myös, että Vantaanjoen tulvien rajoittaminen saattaa olla tarpeen tulevaisuudessa mm. maankäytön tehostumisen lisätessä tulvimista. Luhtajoen, Lepsämänjoen, Kytäjoen ja Tuusulanjoen varsilla olevat paikalliset tulva-alueet voidaan hoitaa vesistöjärjestelyin tai perustamalla esim. tulvaniittyjä tai kosteikkoja ympäristötuen avulla.

10.5 Tulvien torjunta Vantaanjoen vesistöissä

10.5.1 Toteutetut tulvatorjuntatyöt

Tulviin varautumisessa yhtenä tärkeänä tekijänä on varmistaa tulvatorjunnan toimivuus akuutissa tilanteessa. Tällöin korostuu eri tahojen välinen yhteistyö ja oikeat arviot tulvan kehittymisestä. Vantaanjoen alueella yhteistyö on kokemusten perusteella sujunut hyvin. Tulvatorjuntatarpeiden tarkemmaksi arvioimiseksi ja tulvasuojelutilanteen kartoittamiseksi katsottiin Uudenmaan ympäristökeskuksessa kuitenkin tarpeelliseksi laatia tulvatorjunnan toimintasuunnitelma Vantaanjoen vesistöalueelle. (Suhonen ja Rantakokko 2006)

Vantaanjoen valuma-alueella on suoritettu lukuisia perkauksia uomien vedenjohdotyön parantamiseksi ja tulvahaittojen vähentämiseksi. Viimeisimpiä suuria perkauksia on ollut vuonna 1993 valmistunut Keravanjoen keskiosan järjestely.

- Keravanjoen tulvasuojelutyön yhtenä tavoitteena oli suojella rakennukset keskimäärin kerran sadassa vuodessa toistuvalla tulvalla.
- Kesätulvalla 2004 (toistuvuus kerran 22 vuodessa) ei järjestelytyön hyötyalueelta (Vantaa, Sipoo ja Kerava) tullut yhtään tulvavahinkolain mukaista korvaushakemusta.

Nurmijärvellä Klaukkalan taajaman alapuolella Luhtajoen varrella sijaitsevan Isoniitun tulvahaittojen vähentämiseksi suoritettu Luhtajoen perkaus valmistui vuonna 1990, mutta isommilla tulvilla alue kärsii yhä tulvahaitoista.

Riihimäen alueen tulvasuojelutoimenpiteiden suunnittelu on käynnistetty. Suunnittelun tueksi Hämeen ympäristökeskus laatii alueelle HEC-RAS -virtausmallin (Suhonen ja Rantakokko 2006). Riihimäen kohdalla Vantaanjoen kaltevuus on pieni. Jokeen on rakennettu lukuisia siltarumpuja, jotka osaltaan heikentävät uoman virtauskapasiteettia. Vantaanjoen tulviessa on paine-ero joen vedenpinnan ja piha- ja katualueiden välillä pieni. Kesätulvan 2004 aikana suoritettujen veden-

korkeusmittausten perusteella rummut aiheuttivat padotusta yhteensä useita kymmeniä senttejä.

Riihimäellä suurimmat tulvavahingot syntyvät Peltosaaren kerrostaloalueella. Peltosaaren tulvaongelmien ratkaisemiseksi tulisi selvittää, voidaanko Riihimäen kaupungin alueella kulkevan uoman ja rumpujen vedenjohtokyvyn parantamisella pienentää vahinkoriskiä, vai tulisiko myös alempana uomassa tehdä toimenpiteitä. Vaihtoehtoisesti tulvariskialueella olevat rakennukset voidaan suojata pengerryksin. (Suhonen ja Rantakokko 2006)

10.5.2 Suunnitellut tulvatorjuntatyöt

Vantaanjoen alaosan tulvasuojelumahdollisuuksia on selvitetty jo vuonna 1968 (Imatran Voima Oy 1968). Suurten tulvien aikainen veden leviäminen ranta-alueille voidaan estää joko veden pintaa alentamalla tai rantapenkereiden avulla. Veden pintaa voidaan alentaa joko rakentamalla tulvatunneli, jonka avulla voidaan pienentää tulvavirtaamia jokiuomassa, tai suurentamalla Vantaanjoen uomaa perkauksilla. Imatran Voima Oy:n suunnitelmassa tunnelivaihtoehtojen kustannukset olivat muita tutkittuja vaihtoehtoja suuremmat. (Suhonen ja Rantakokko 2006, s. 75)

Vantaan kaupungin alueella sijaitsevan Pirttirannan tulvasuojelun eri mahdollisuuksia on selvitetty Pirttirannan loma-asuntoalueen tulvasuojelun yleissuunnitelmassa (Väänänen 2005). Rakennusten suojelemiseksi kerran 20 vuodessa toistuvalla tulvalla pitäisi uomaa perata Luhtaanmäenjoen haaraan asti 2,3 kilometrin matkalta vähintään 25 - 35 m³/jm, eli yhteensä noin 60 000 - 80 000 m³. Kerran sadassa vuodessa toistuvalla tulvalla ei Pirttirantaa edes voida suojella pelkästään vastaavaa jokiosuutta perkaamalla. Samassa suunnitelmassa esitettiin tulvaongelmien ratkaisuksi penkereiden rakentamista alueen ympärille. Rakennusten suojaaminen pengertämällä keskimäärin kerran sadassa vuodessa toistuvaa tulvaa vastaan maksaisi alustavan kustannusarvion mukaan toteuttamistavasta riippuen noin 80 000 - 100 000 €.

10.5.3 Muita Vantaanjoen vesistön tulvatorjuntaan vaikuttavia suunnitelmia

Valtioneuvosto on 2.6.2005 päättänyt täydentää Suomen ehdotusta Natura 2000 -verkostoon liitettävistä alueista 68 kilometrin pituisella osalla Vantaanjoen pääuomaa. Ehdotettu alue ulottuu jokisuulta Vanhankaupunginlahdelta Hyvinkään Kaltevan kylän kohdalla olevalle sillalle asti. Alueella sijaitsevat joen suurimmat ja merkittävimmät kosket. Ensisijaisena perusteena alueen liittämiseksi Natura 2000 -verkostoon on joessa esiintyvä vuollejokisimpukka (*Unio crassus*), joka on mainittu ns. luontodirektiivin (Euroopan neuvoston direktiivi 92/43/ETY) liitteessä II. Myös toista liitteen II lajia, saukkoa (*Lutra lutra*), esiintyy Vantaanjoen vesistöalueella. Vantaanjoen alueen hyväksyminen osaksi Natura-alueeksi saataisi rajoittaa mahdollisuuksia tehdä muutostöitä vesistössä.

Vantaanjoen alaosan perkaaminen edellyttäisi merkittäviä muutostoimenpiteitä Vanhankaupunginkoskeen ja patorakenteisiin. Läntisessä suuhaarassa oleva pato ja sitä ympäröivät rakennukset ovat kuitenkin kulttuuri- ja teollisuushistoriallisesti arvokas kokonaisuus ja Museoviraston valvonnan alainen suojelukohde, joten padon purkaminen ei ole toteuttamiskelpoinen vaihtoehto.

Muita Natura 2000 -verkostoon jo kuuluvia alueita Vantaanjoen vesistöalueella ovat mm. Lemmenlaakson ja Keravanjokikanjonin lehdot, Järvisuo-Ridasjärvi Keravanjoella sekä Tuusulanjärven lintuvesi. Myös Keravanjokeen laskevan Ohkolanjoen varrella sijaitseva Ohkolanjokilaakso on liitetty verkostoon. Alueiden nykyinen suojelutilanne vaihtelee. Esim. Lemmenlaakson lehto on suojeltu kokonaisuudessaan yksityisellä luonnonsuojelualueella, mutta Vantaanjoen pääuomaa ei ole toistaiseksi suojeltu lainkaan. Suojelu on tarkoitus toteuttaa vesilain ja ympäristönsuojelulain avulla.

10.6 Sopeutuminen ilmastonmuutosten vaikutuksiin

Suomen ensimmäinen ilmastonmuutoksen kansallinen sopeutumisstrategia (Marttila ym. 2005) on osa Suomen kansallista ilmasto- ja energiastrategiaa. Sopeutumisstrategiassa kartoitettiin tietämys Suomen ympäristön ja yhteiskunnan herkkyydestä ilmastonmuutokselle. Se kuvaa ilmastonmuutoksen todennäköisiä vaikutuksia ja hahmottelee toimenpiteitä, joilla sopeutumiskykyä voitaisiin parantaa.

Ilmastonmuutoksen kansallisen sopeutumisstrategian mukaan mahdollisia toimenpidelinjauksia yhdyskuntasuunnittelussa ovat mm. seuraavat: ilmastonmuutoksen vaikutuksen arviointi sisällytetään alue- ja yhdyskuntarakenteen pitkän aikavälin suunnitteluun; kaavoitusprosessiin liitetään ilmastonmuutokseen sopeutumisen lisäselvitysvaatimus erityisen haavoittuville alueille; tulvaherkät alueet ja rakenteet kartoitetaan; ääri-ilmiöiden ennakointi- ja varoitusjärjestelmiä kehitetään; selvitetään alueellisia ja paikallisia vaikutuksia ja sopeutumiskeinoja; sade- ja pintavesien johtamista parannetaan.

Vuonna 2006 käynnistettiin 5-vuotinen ilmastonmuutokseen sopeutumisen tutkimusohjelma, jonka tavoitteena on tuottaa käytännön sopeutumistoimien suunnittelun edellyttämää puuttuvaa tietoa.

Sopeutuminen vaatii monissa tapauksissa myös uusia investointeja ennakoitujen riskien haittavaikutusten vähentämiseksi. Yhdyskunnat on suunniteltava kestämään kohtuullisen usein esiintyvät luonnonilmiöt. Hyvin harvinaisiin ääripauksiin varautuminen ei ole taloudellisesti järkevää, elleivät tapauksen vahingolliset seuraukset ole erityisen suuret (padot, voimalat, sähköjakaiverkko, jne.).

Tärkeä peruskysymys mm. paikallisen infrastruktuurin suunnittelussa onkin se, mikä on kohtuullista ja järkevää. Minkä suuruinen turvallisuusraja (riskin kesto-kyky) otetaan lähtökohdaksi rakenteiden keston ja toimivuuden mitoituksessa. Kuinka suuri luotettavuus ja kestävyys halutaan varmistaa rakennettavalle tai (perus)korjattavalle infrastruktuurille tietyissä ilmaston äärioloissa?

10.7 Ohjaus- ja varautumiskeinot

10.7.1 Tulviin ja rankkasateisiin liittyvät ohjaus- ja varautumiskeinot

Varautuminen ilmastonmuutoksen myötä lisääntyviä ja voimistuvia tulvia vastaan edellyttää tietoa siitä, miten tietyn suuruiset sateet vaikuttavat vesistön tulvakäyttäytymiseen. Tietoja voidaan arvioida vesistömallien avulla. Vesistömallilla voidaan kuvata vesistön vedenkorkeuksia, virtaamia ja muita hydrologisia suureita tietyllä aikajaksolla säähavaintoihin ja vesistön säännöstelyyn perustuen.

Tulosten perusteella esimerkiksi poikkeuksellisten tulvien laajuutta ja voimakkuutta voidaan paremmin ennakoida. Uudenaan ympäristökeskuksella on vesistömalli Vantaanjoen vesistöä (Koivunurmi ja Huhta 1999).

Pitkäaikaiset tai erittäin voimakkaat sateet saattavat aiheuttaa rankkasadetulvan, eli nopean ja voimakkaan, muutamia päiviä kestävä veden nousun. Tällainen rankkasadetulva voi aiheuttaa paikallisesti tai alueellisesti merkittäviä turvallisuuteen, terveyteen ja yleiseen hyvinvointiin liittyviä vaikutuksia, laajamittaisia ympäristövaikutuksia ja suuria taloudellisia menetyksiä.

Tulvien ennakointi ja niihin varautuminen on tärkeää kaikilla alueilla sekä kaikessa tulviin eri tavoin liittyvässä tai niitä sivuavassa viranomaistoiminnassa. Tulvan mahdollisuuden huomioon ottaminen etukäteen mm. yhdyskuntasuunnittelussa ja jokapäiväisessä toiminnassa minimoi parhaiten tulvavahinkojen syntymisen mahdollisuuden. Valtioneuvoston periaatepäätöksessä yhteiskunnan elintärkeiden toimintojen turvaamisesta (27.11.2003) korostetaan, että ympäristöuhkia ja -vahinkoja on estettävä mahdollisimman hyvin ennalta. Lisäksi tapahtuneita vahinkoja on rajoitettava mahdollisimman tehokkaasti. Periaatepäätöksen tulee ohjata valmiussuunnittelua mm. tulvien varalta kaikilla alueilla ja viranomais-tasoilla. Luonnollisesti myös yksityisten tahojen olisi syytä ottaa huomioon nämä periaatteet kaikissa toimissaan.

Rankkasateet ja myrskyt näyttävät tilastojen valossa olevan lisääntymässä mm. Suomessa. Näin ollen rankkasadetulvien syntymisen riski on kasvamassa. Rankkasadetulvia voi esiintyä myös sellaisilla alueilla, joilla perinteistä tulvavaaraa ei ole ollut tähän mennessä.

Taajamissa huippuvirtaamia ja tulvia voidaan vähentää esimerkiksi tulva-aldaiden, viherkaistojen, avo- ja painanneojien sekä vettä läpäisevien pintojen avulla. Riskialttiimmilla tulva-alueilla voidaan rakentaa tulvapenkereitä ja kuivatuspump-paamoita. Tulvien rajoittamiseksi voidaan käyttää myös siirrettäviä rakenteita ja laitteita. (Carter 2007)

Tulvien vaikutuksista:

- tulva on aina poikkeuksellinen tilanne, ja suuri tulva voi saada aikaan hyvin suuria muutoksia maastossa.
- virtaaman kasvu lisää virran voimasta liikkuvan ja eri paikkoihin kulkeutuvan materiaalin määrää.
- virtausnopeuden kasvu lisää jyrkästi virtaavan veden kykyä irrottaa materiaalia eli kuluttaa uomaa, penkereitä ja pohjaa.
- Kasvillisuus kykenee estämään hyvin materiaalin irtoamisen tavallisen virtaus-tilan vallitessa. Kuitenkin suuri virtausnopeus ja virtaavan veden kuljettama irtain aines riittävät kuluttamaan kasvillisuuden antaman suojan ja aiheuttamaan eroosiota.
- suuri tulva voi kuluttaa ympäröivää maastoa hyvinkin paljon, ja tulviva vesi voi jopa uurtaa uuden uoman.

10.7.2 Rakennuksiin liittyvät ohjaus- ja varautumiskeinot

Kuivasuojaus (esimerkiksi Garvin et al. 2007) tarkoittaa tulvasuojauksen käyttöä veden virtauksen estämiseksi rakennukseen seinien, lattioiden, ikkunoiden, rakojen, tuuletusaukkojen ja muiden aukkojen kautta näin estäen rakennuksen

sisäosien vettyminen ja vahingoittuminen. Kuivasuojausta voidaan käyttää, kun tulvaveden syvyys on enintään metri, eikä sitä tulisi käyttää korkeammilla tulvilla, sillä lisääntyvä veden paine voi vahingoittaa rakennusta. Tällöin veden olisi annettava virrata sisään. Kuivasuojaus saattaa edellyttää myös tiiliseinän saumojen korjausta ja lattiatasojen nostoa tulvatason yläpuolelle. Erilaisia keinoja veden pitämiseksi rakennuksen ulkopuolella on alkaen suojapadoista, aina tilapäisiin tulvaesteisiin ja rakennuksen tiivistämiseen. Nämä kaikki edellyttävät suunnitelmallista varautumista ja materiaalin saatavilla oloa.

Märkäsuojaus perustuu siihen, että veden sallitaan rajoitetusti virrata rakennukseen. Tällöin rakennus tulisi tehdä tai korjata niin, että vahinko on vähäinen tulvan sattuessa. Ratkaisun tulisi helpottaa ja nopeuttaa rakennuksen kunnostusta tulvan jälkeen. Tähän kategoriaan kuuluu joukko toimenpiteitä ml. tulvaa sietävien tai kestävien rakennusmateriaalien käyttö ja sähköjohdotuksen nostaminen tulvatason yläpuolelle. Tulvan alle jäävät tilat on osoitettava sellaiseen käyttöön, että ne voidaan nopeasti tyhjentää. edelleen tiloissa ei saa olla materiaaleja, jotka pilaantuvat kastuessaan.

Usein kuiva- ja märkämenetelmien yhdistelmä on tehokkain menettely, kun tulvariski on suuri.

Uusissa kiinteistöissä merkittävä ongelma on usein suunnittelun ja toteutuksen tietotaidon pirstoutuminen usean eri toimijan kesken ja kriittisten toimintojen, kuten sähköjakelun, sijoittaminen kellariin.

Salaojien ja kiinteistöjen sadevesijärjestelmien huoltoa ei välttämättä tehdä säännöllisesti, josta syystä sadevesikaivoihin kertyy maa-ainesta ja pihojen sadevesikourut heinittyvät umpeen. Riihimäellä todettiin kesällä 2004 ojien olleen jopa tahallisesti täytettyjä. (Raivio ym. 2005)

Keravan kaupungin tekemien perusteellisten selvitysten ja tarkastusten perusteella vanhojen kiinteistöjen kvv -laitteistojen toimintakunto ja tilojen rakennusluvan mukaisuus näyttävät olevan asioita, joita pitäisi ilmeisesti valvoa jollakin tavalla.

Keravan kaupunki teki perusteelliset selvitykset tulvavahinkojen syistä niissä 22 kiinteistössä, jotka hakivat kaupungilta korvauksia tulvavahingoista. Tarkastuksissa todettiin, että lähes kaikkien tulvan kohteena olleiden kiinteistöjen kvv-laitteissa esiintyi puutteita. Talojen vesipisteitä oli lisätty mm. ottamalla käyttöön kellaritiloja ilman tarvittavaa lupaa ja Vesihuollon hyväksyntää. Padotusventtiilejä puuttui tai venttiilit eivät toimineet. Myös muita puutteita havaittiin.

22 vahinkokiinteistöstä peräti puolella todettiin rakennuslupaan liittyviä epäselvyyksiä eli puutteita ja/tai rakennusluvan vastaisia rakenteita. Koko kaupungin rakennuskannan todellista tilaa ja määräysten mukaisuutta ajatellen tämä (toki vain viitteelliseksi tulkittava) tieto on kiinnostava ja jopa suorastaan pelottava.

Keravan kaupungin vesi- ja jätehuoltopäällikön mukaan ainakaan Keravalla ei seurattu kaupungin toimesta kiinteistökohtaisten jäte-, hule- tai valumavesipumppujen kuntoa. Tällaisen järjestelmällisen seurannan järjestämisestä (esim. jonkin muun toiminnan yhteydessä) voisi olla paljon apua kiinteistöille, vaikka vastuu pumppujen kunnosta onkin ensisijaisesti kiinteistöjen omistajilla.

Käytännössä monilla kiinteistöillä ei ole riittävästi teknisten laitteiden kunnossapidon välttämätöntä perustietoa (mm. siitä, milloin laitteen kunto pitäisi tarkistuttaa, tai milloin laite saattaa olla epäkunnossa). Aukkaat/omistajat vaihtuvat, ja he saattavat olla hyvinkin etäännyneitä kiinteistötekniikan käyttö- ja huoltovaatimuksesta.

10.7.3 Tiestöön liittyvät ohjaus- ja varautumiskeinot

Vantaanjoen alaosan siltojen rakenteiden kestävyys suurtulvalla tulisi tarkistaa. Lisäksi esimerkiksi Vantaanjoen alaosan perkaaminen edellyttäisi ainakin Lahden moottoritiesillan vahvistamista. (Suhonen ja Rantakokko 2006, s. 75)

Pohjanmaan tulvassa kesällä 2004 tiestön veden johtamiseen tarkoitettujen rakenteiden, kuten rumpujen, kapasiteetti oli vesimääriin nähden riittämätön, mikä osaltaan vaikutti veden nousemiseen teille. Siihen ajankohtaan asti tällaisten rakenteiden mitoituskriteerit olivat perustuneet kerran kahdessakymmenessä vuodessa tapahtuvaan tulvaan. Hankkeen haastatteluissa tuli laajalti esiin suositus muuttaa tätä kriteeriä kerran sadassa vuodessa tapahtuvaa tulvaa vastaavaksi (Rai-vio ym. 2005). Suositus lieneekin muutettu myöhemmin.

Tierumpujen vaihtaminen on erittäin kallis toimenpide ja se voitaneen parhaiten toteuttaa silloin, kun rakenteita uudistetaan tai rakennetaan lisää.

Liikenteen sallimista ajatellen voidaan pitää 0,2 metrin vesisyvyyttä tiellä ylära-jana tiellä ajamiselle. Esimerkiksi Vihdintiellä sallittiin ajaminen vuoden 2004 tulvassa, vaikka vettä oli tiellä lähes 0,2 metriä.

10.7.4 Muun infrastruktuurin ohjaus- ja varautumiskeinot

Sadevesi- ja jätevesiviemäreiden kapasiteetti ja tulvariski olisi tarkistettava alu-eellisen kuivatussuunnittelun menetelmillä sekä nykyisillä että uusilla kaava-alu-eilla. Samalla olisi selvitettävä toimenpiteet ja rakenneratkaisut (esimerkiksi hule-vesien maahanimeytys, tasausaltaat sekä tulvareitit, viemärien vuotovesien vähentäminen)), joilla tulvariskiä voidaan pienentää ja estää.

Maanalaisten tilojen suojaaminen tulvavedeltä (veden pääsylvä maanalaisiin tiloi-hin) tulee selvittää. Edelleen on selvitettävä tulvariski ja suojaamistoimenpiteet liittyen pilaantuneisiin maihin ja muihin ympäristöriskikohteisiin.

Keravalla Kylätien jätevedenpumppaamo (N60+32,1 m) sijaitsee Talmantien etelä-puolella Keravanjokeen laskevan Parmanojan varrella. Keravanjoen pinnan on kesällä 2004 arvioitu olleen Parmanojan haaran kohdalla noin tasolla N60+32,8 m. Tulvavesiva-hingot saatiin estettyä pienten maavallien ansiosta.

Vantaan kaupungissa sijaitsevan Pirttirannan loma-asuntoalueen rakennusten suojelemiseksi kerran 20 vuodessa toistuvalla tulvalla pitäisi Vantaanjoen uomaa perata 2,3 kilometrin matkalta vähintään 25 - 35 m³/jm, eli yhteensä noin 60 000 - 80 000 m³. Perkausten kustannukset olisivat arviolta 300 000 - 500 000 €. Kerran sadassa vuodessa toistuvalla tulvalla ei Pirttirantaa edes voida suojella pelkästään vastaavaa jokiosuutta perkaamalla. Rakennusten suojaaminen pengertämällä kes-kimäärin kerran sadassa vuodessa toistuvaa tulvaa vastaan maksaisi alustavan

kustannusarvion mukaan toteuttamistavasta riippuen noin 80 000 - 100 000 €. (Väänänen 2005, cit. Suhonen ja Rantakokko 2006, s. 75).

10.8 Pinta- ja hulevesien käsittelymenetelmistä

10.8.1 Kuivatussuunnittelun periaatteista

Monissa maissa mm. Keski-Euroopassa määrättyltä alueelta pois valuvan huleveden määrään ja laatuun kohdistuu jatkuvasti kasvava kiinnostus. Keski-Euroopassa on jo yleisesti (suunnittelussa?) käytössä ajatus, että pintaveden valunta määritellyllä alueella ei saa olla suurempi kuin luonnontilassa normaalisti.

Ruotsissa on menossa 5-vuotinen tutkimusohjelma imeytystekniikan mahdollisuuksista ja hyödyistä. Tähänastisten tulosten perusteella se on hyvä vaihtoehto. Suomessakin olisi hyvä saada pinta- ja hulevesien imeytyksen koealueita normaalin uudisrakentamisen sekaan kunnissa eri puolilla maata. Niistä saatavat tulokset voisivat vaikuttaa paljonkin infrarakentamisen aluekohtaisiin perusratkaisuihin ja suositeltaviin mitoitusnormeihin.

Yhdyskuntarakentamisen määrä ja laatu vaikuttavat hyvin suuresti sateen synnyttämän veden pintavalunnan määrään. Pintavaluntaa on tutkittu mm. EKO-INFRAn hankkeissa. Espoon koealueilla tehdyssä tutkimuksessa sade johti kerrostaloalueilla lähes välittömästi pintavalunnan voimakkaaseen kasvuun. Esimerkiksi vajaan 20 mm sademäärä synnyttää nopeasti suuruusluokkaa 300 - 400 l/s/km² olevan pintavalunnan, joka kuitenkin loppuu pikaisesti sateen päätyttyä. Pientaloalueilla vastaavan suuruinen sade johtaa hitaammin kasvavaan ja suurimmillaan noin 100 l/s/km² olevaan pintavaluntaan. Metsäalueilla pintavalunnan määrä jää pieneksi, suurimmillaan noin 20 l/s/km².

Valtakunnallisen hulevesitutkimuksen (1977-79) perusteella sadantatapahtumien valuntakerroin kaupunkialueilla keskimäärin oli noin puolet alueen päällystettyjen pintojen osuudesta. Kuitenkin tutkimuksen eri kohdealueiden välillä valuntakerroin vaihteli hyvin paljon. Suurimmillaan valuntakerroin oli luokkaa 0,7 - 0,8 alueilla, joilla läpäisemättömän pinnan osuus oli kohdealueista suurin. Mitä suurempi valuntakerroin oli, sitä suurempi olivat yleensä myös erilaisten aineiden (kuten multa, humus, kiintoaineet) huuhtoutumat virtaavan veden vaikutuksesta.

Tehtyjen tutkimusten pohjalta tiedettiin (mm. Vantaan kaupunki 2005a), että yhdyskuntasuunnittelussa pinta- ja hulevesien hallinnan keskeisiä käsittelymenetelmiä ovat vesien imeyttäminen sopivilla maastoalueilla, vesien hallittu johtaminen viemäriin tai veden kulutusta kestäville sivualueille, pintavalunnan kehittymisen viivyttäminen erityisesti kasvillisuusalueiden avulla sekä kosteikkojen säilyttäminen yhdyskuntarakenteen seassa.

Pintavesien imeytysratkaisumenetelmissä tietyn alueen pintavesi voidaan tarvittaessa johtaa erityisille imeytysalueille (luonnontilaisille tai rakennetuille), joilla vedet imeytyvät maahan. Imeytystekniikan soveltamisen mahdollisuudet vaihtelevat eri kunnissa. Ilmeisesti imeytymisratkaisujen käyttömahdollisuudet Vantaalla eivät ole välttämättä kovin laajat, koska kaupungissa on paljon savikoita laajoilla alueilla.

10.8.2 Hulevesien käsittelyn suunnittelu Vantaalla ja Helsingissä

Vantaalla varautumista suuriin pinta- ja hulevesimääriin on tehty 1970-luvulta asti. Hallintakeinoina on käytetty seuraavia suunnittelu- ja mitoitusmenetelmiä (Vantaan kaupunki 2004a ja Koponen 2006):

- Kaavoitusvaiheen hulevesisuunnitelmat.
 - Hulevesien ja vesihuollon yleissuunnitelmat laaditaan kaikkiin kaavoihin.
 - Yleiskaavan ja osayleiskaavan laadinnan yhteydessä tarkastellaan vesihuoltoa lähinnä runkoverkoston osalta. Hulevesien osalta määritetään päävaluma-alueet, virtausreitit ja purkuvesistöt. Kustannuksia tarkastellaan karkealla tarkkuudella.
 - Hulevesilinjojen mitoitukset rakennussuunnittelua varten tehdään asemakaavavaiheessa. Jokaiseen asemakaavaan laaditaan vesihuollon yleissuunnitelma, joka käsittää vesijohtojen, viemäreiden, hulevesiviemäreiden ja hulevesien johtamiseen tarkoitettujen avo-ojien suunnitelmat.
 - Erillissuunnitelmia laajoihin hankkeisiin.
- Kaavakarttoihin merkintään tarvittaessa alimmat sallittavat lattiakorkeudet tai kellarien rakentamiskielto tulvaherkillä alueilla.
- Laadittu yksi luonnonmukainen hulevesisuunnitelma.
- Vantaalla on käytetty pääsääntöisesti hulevesijärjestelmien mitoituksena kerran 2 vuodessa toistuvaa 15 minuutin mittaista rankkasadetta, jonka määrä on 120 litraa/s/ha (siis noin 42 mm/h). Valumakertoimet ja hidastuvuudet arvioidaan käsikirjojen mukaan. Mitoitus tehdään pääasiassa hulevesiviemärin poikkileikkauksen määrittämiseksi. Käytetyt menetelmät eivät mahdollista erityistekniikoiden, mm. viivytyksen, tasausaltaiden tai maahanimeytyksen soveltamista osana hulevesijärjestelmää.
- Viime aikoina sateiden rankistumisen takia Vantaalla oli käytetty kriittisissä kohteissa suurempaa mitoitusadetta 150 litraa/s/ha (siis noin 55 mm/h). Menettely oli perusteltu, jos mahdollisen vahingon taloudelliset arvot arvioitiin suuremmiksi kuin putkikoon suurentamisen kustannukset. Hulevesiverkon kapasiteettia oli paikoin lisätty muuallakin.
- Hulevesiverkoston ja -laitteiden investointikustannuksista Vantaan Veden osuus oli 75 % ja kaupungin Kuntatekniikan keskuksen osuus 25 %.
- Asemakaavoitusvaiheessa oli suunniteltu myöhemmin toteutettavaksi muutamia tasausaltaita.

Helsingissä hulevesien hallintakeinoina on käytetty seuraavia suunnittelu- ja mitoitusmenetelmiä (Koponen 2006):

- Kaavoitusvaiheen hulevesisuunnitelmat.
 - Asemakaavavaiheessa tehdään vesihuollon yleissuunnitelma, joka sisältää nykyiset ja rakennettavat hulevesiviemärit sekä avo-ojat ja lisäksi vesijohdot ja jätevesiviemärit.
 - Asemakaavavaiheessa suunnitellaan tulvareitit sellaisia tilanteita varten, jolloin sadevesiviemäröinnin kapasiteetti ylittyy tai sadevesiviemäri on tukossa jostain syystä.
 - Asemakaavoihin merkitään tarvittavat tulvareitit kiinteistöjen keskelle.
- Hulevesiviemäröinnin rakennussuunnittelu tapahtuu kaavavaiheen yleissuunnitelmien pohjalta.
- Hulevesijärjestelmien mitoitus.

- Pääsääntöisesti hulevesijärjestelmien mitoituksena on käytetty kerran 2 vuodessa toistuvaa 10 minuutin mittaista rankkasadetta, jonka määrä on 125 litraa/s/ha.
- Sekavesiviemäroinnissä käytetään kerran 3 vuodessa toistuvaa 10 minuutin mittaista rankkasadetta, jonka määrä on 150 litraa/s/ha.
- Mitoitussateiden suurentamista ei pidetä taloudellisesti järkevänä, paitsi erityisen tärkeissä kohteissa, joissa ylivuodosta tulee suurta haittaa.
- Rankempien sateiden aikana johdetaan ylivuoto tulvareittejä pitkin vesistöihin tai paikkoihin, missä vesi imeytyy maaperään.
- Nykyisen hulevesiviemäroinnin kapasiteetin riittävyys.
 - Ongelmana on sadevesiviemäreiden ja -pumppaamojen kapasiteetin ylittyminen monin paikoin äärimmäisen rankkojen sateiden aiheuttamien ns. kaupunkitulvien aikana, mm. kesän 2004 rankkasateissa (sama ongelma on myös Espoossa).
 - Ongelmana on pahin vanhoilla rakennetuilla alueilla.
 - Jatkossa pitää käyttää vedenkulun hidasteina painanteita ja tasausaltaita nykyistä enemmän.
 - Imeytyksen käyttöä pitää myös lisätä jatkossa.
- Katusuunnitelmassa määritetään likimääräiset tonttikorkeudet, jotka tarkentuvat 1 cm:n tarkkuuteen katujen rakennussuunnitelmavaiheessa.

10.8.3 Pinta- ja hulevesien hallinnan uhkatekijöistä ilmaston muuttuessa

Pinta- ja hulevesien hallinnan (hallintakapasiteetin) suurimmat uhkatekijät liittyvät poikkeuksellisen runsaiden rankkasateiden aikaansaamiin vesimassoihin, kuten vuoden 2004 kesän rankkasadejaksoon. Niiden vallitessa ongelmaksi voi muodostua paikoitellen riittämätön hulevesikuivatuksen kapasiteetti.

Hulevesijärjestelmien suunnittelun pohjana olevaa mitoitusadetta on nostettava jatkossa, jos rankkasateen voimakkuuden odotetaan kasvavan. Alla on tähän teemaan liittyviä havaintoja ja muutosta puoltavia näkökohtia:

- Käynnissäolleen RATU-projektin (rankkasateet ja kaupunkitulvat) tuloksilla ja suosituksilla arvioitiin olevan merkitystä tulvavahinkokorvauksien käsittelyssä vesilaitoksen (tulevaisuudessa mahdollisesti kunnan katulaitoksen) ja kiinteistön välillä.
- Suurin havaittu tulva saattaa olla riittävän turvallinen suunnitteluperuste, jos havaintojakso on riittävän pitkä (eli halutun todennäköisyystason mittainen). Kuitenkin käytännössä ilmastoilmiöiden toistuvuuden todennäköisyyslaskennan perustana oleva havaintojakso on yleensä pitkältikin alle 100 vuotta.
- Jos tarkastelualueen vesistöistä on käytettävissä havaintoaineistoa vain suhteellisen lyhyeltä ajalta (esim. joitakin kymmeniä vuosia) voitaisiin tätä vaillinaisuutta paikata (täydentää) esimerkiksi siten, että ekstrapoloitaisiin tai mallinnettaisiin havaittujen ilmiöiden (esim. sateiden) perusteella kuvitteellisia, voimakkaampia ääritilanteita.
- Onko nyt suunnittelun pohjana käytetty mitoitus tulva yhtä kuin suurin havaittu ja dokumentoitu tulva vesistöalueella (esim. Vantaalla vuoden 1966 tulva)?
- Tilastoihin perustuvat tiedot erilaisten ilmastotapahtumien yleisyydestä eivät ole enää niin käyttökelpoisia kuin aikaisemmin (eli aikana ennen nopean ilmastonmuutoksen käynnistymistä), koska tilastot kuvaavat pääasiassa nimenomaan ennen nopean ilmastonmuutoksen käynnistymistä toteutuneita tapahtumia.

- Ilmaston jo tapahtuneen ja tulevan muutoksen takia kaavasuunnittelun pohjana käytettyä mitoitussadetta lienee pakko muuttaa suuremmaksi.
- Vantaalla vesienhuollon yleissuunnittelun kehittämissyksikössä oli havaittu ilmaston muutoksen näkyvän jo nyt mm. siten, että aiemmin 20 vuoden välein toteutunut sade alkoi vastata toistuvuutta kerran 10 vuodessa.

Vantaa oli säästynyt viime vuosikymmeninä suurilta hulevesiongelmilta. Esimerkiksi vuoden 2004 kesän rankkasateissa Vantaalla lähinnä vain avo-ojauomat tulvivat, eivät juurikaan viemärit. Pienet purot ja joet ovatkin tärkeitä kohteita mietittäessä varautumissuunnittelun kehittämistä mm. tulevia ilmastonmuutoksen ääri-ilmiöitä ajatellen. Miten korkealle vesi voi nousta ja kuinka suureksi virtausnopeus kasvaa pienissä puroissa ja joissa huippusateiden aikana?

Pintaveden virtausnopeuden kasvu (sadevesimäärien kasvaessa) voi muodostua ongelmalliseksi tekijäksi ilmastonmuutoksen edetessä. Esimerkiksi infraraken-teissa usein käytettyjen, heikosti eroosiota kestävien pintamateriaalien syöpyminen voi lisääntyä.

11 Menetelmiä tulvavahinkojen rajoittamiseksi ja estämiseksi

11.1 Tulvavahinkojen estäminen ja rajoittaminen kesän 2004 tulvassa - havaintoja keinoista ja toimenpiteistä Keravalla

Keravalla eräät kaupunkilaiset, jotka olivat pääasiassa omakotitalojen omistajia, ottivat yhteyttä kaupunkiin ja kertoivat estäneensä tai rajoittaneensa tulvavesivahinkojen syntymistä. rakentamalla suojuvalleja rakennusten eteen tai kiinteistön rajalle.

Kaupunkilaisten omatoiminen työ tulvavahinkojen rajoittamiseksi tuli esille myös tulvavahinkoarvioinneissa mm. siten, että enemmän kuin joka toisen kiinteistön omistaja ilmoitti tehneensä työtä tulvan aiheuttamien vahinkojen estämiseksi ja/tai rajoittamiseksi.

Haastattelutietojen perusteella voitiin arvioida, että tulvan jälkeen monissa kiinteistöissä oli varauduttu tarvittavin kiinteistöteknisin muutoksin tai hoitotoimenpitein tulevien tulvavahinkojen estämiseksi.

Tarkastelualueilla veden korkeuden jätevesiviemäriverkostoissa havaittiin nousseen niin paljon, että se mahdollisti viemäreiden ylitulvimisen kiinteistöissä, joissa viemäreiden sulkuventtiilit tai takaiskuventtiilit eivät sitä estäneet. Asennetut ja toimivat takaiskuventtiilit estivät veden voimakkaan nousun kiinteistöihin.

Kaupungin selvityksissä ja tarkastuksissa todettiin, että lähes kaikkien tulvan kohteena olleiden kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteissa (kvv-laitteet) esiintyi puutteita. Talojen vesipisteitä oli lisätty mm. ottamalla käyttöön kellaritiloja ilman tarvittavaa lupaa ja vesihuollon hyväksyntää. Padotusventtiilejä puuttui tai venttiilit eivät toimineet. Myös muita puutteita havaittiin. (Keravan kaupungin vesihuolto 2004)

Teknisen lautakunnan kannanoton mukaan jatkossa kaupungin ja kiinteistönomistajien yhteistyössä olisi pyrittävä siihen, ettei viemäritulvia esiinny poikkeuksellisissakaan olosuhteissa. Tekninen lautakunnan mielestä varmin tapa ehkäistä tulvavahingot kiinteistöissä jatkossa olisi kunnostaa kvv-laitteet ja rakentaa kiinteistökohtainen jätevedenpumppaamo niitä tiloja varten, jotka ovat padotuskorkeuden alapuolella, tai jossa tulvimisen mahdollisuus on muuten ilmeinen. (Keravan tekninen lautakunta 2004b)

Vesi- ja jätehuoltopäällikön mukaan kiinteistökohtaisten jäte-, hule- tai valumavesipumppujen kuntoa ei seurattu kaupungin toimesta. Tällaisesta järjestelmällisestä seurannasta (esim. jonkin muun toiminnan yhteydessä) voisi olla paljon apua kaupunkilaisille, vaikka vastuu pumppujen kunnosta olikin kiinteistöjen omistajilla.

Kaupungissa oli vielä käytössä runsaasti sekavesiviemäreitä. Sekavesiviemäriin laskevat hulevedet kasvattavat jäteveden kokonaismäärää ja lisäävät vesihuollon kustannuksia. Kaupungin tavoitteena olikin päästä irti sekavesiviemäreistä. Tavoitteeseen pyrittiin mm viemäriverkoston 10 vuoden korjaussuunnitelman puitteissa, mutta sen arvioitiin tapahtuvan hitaasti, koska kaupungilla oli käytettävissä varsin niukasti resursseja saneerauksiin.

Sekavesiviemäreiden vähentämistavoitteeseen pyrittiin myös toisella tavalla. Keravalla oli tehty vuonna 2008 tai 2009 voimaan tuleva periaatepäätös, jonka mukaan hulevedet jätevesiviemäriin johtavat kiinteistöt joutuvat maksamaan kaksinkertaista jätevesimaksua. Vapautuksen tästä määräyksestä saivat vain ne kiinteistöt, joille kohtuudella ei voida osoittaa mitään muuta hulevesien pois johtamisen mahdollisuutta.

Jäte- tai hulevesiviemäritulvien yhtenä syynä tai tulvien voimakkuuden lisääjänä saattoi olla viemäreiden vuotovesiongelma monilla alueilla. Kaupungissa tehtyjen selvitysten mukaan vuotovesien määrä oli suuri. Vuotovesiä oli havaittu runsaasti alueilla, joilla viemäriverkostossa oli huonokuntoisia osuuksia.

Kaupungin vahinkoselvitysten kohteista viiden vahinkokiinteistön kohdalla tulvakerkeus viemäreissä ylitti kiinteistöille määrätyn padotuskorkeuden (Keravan kaupungin vesihuolto 2004). Tämä viittasi siihen, että alueella (seka-)viemäriverkostoon pääsi erittäin runsaasti tulvavettä, joka saattoi olla merkittävältä osaltaan vuotovettä. Asiaa olisi mahdollista selvittää analysoimalla vuotoveden määrää alueen viemäriverkostossa verkostolaskelmin, jotka on mahdollista tarkistaa esimerkiksi pumppaamoilla mitatuilla virtaamatiedoilla.

Kaduilla virtaava tai vellova tulvavesi pääsi usein valumaan aivan liian helposti kiinteistöjen pihoille ja edelleen rakennuksia vasten ja sisätiloihin. Katujen reunoille tarvittavat veden virtausesteet (reunakivet, jalkakäytävät, tms.) olivat monin paikoin liian matalat. Tällaisten virtausesteiden tarve oli erityisen korostunut niillä kuduilla, joiden katujen korkeustaso oli nostettu uudelleenrakentamisen yhteydessä. Kyseiset kadut olivat korkeammalla kuin niiden varrella sijaitsevat kiinteistöt.

Tulvaveden pääsy kiinteistöjen pihoille ja sisään rakennuksiin johtui osittain myös sadevesiviemäreiden täyttymisestä. Alueiden sadevesiviemäreiden ollessa täynnä vettä kiinteistöille satava ja/tai valuva vesi ei päässyt valumaan viemäriin, vaan

vesi jäi makaamaan pihoiden. Kun kiinteistöillä makaava vesipatja nousi riittävän korkeaksi, eli joko rakennuksen tasolle tai sen sisäänkäyntireittien tasolle, alkoi tulvavesi pyrkiä sisään rakennuksiin.

Viemäritulvien muodostuminen niinkin laajamittaisesti ja monille alueille viittasi siihen, että rakentamisen laajentuessa ja/tai tiivistyessä vanhojen alueiden rakentamisessa ja tiivistämisessä ei viemäriverkoston kapasiteettia lisätty. Ilmenneet rankkasade- ja viemäritulvat kertovat myös siitä, että pintavesien alueelliseen kuitukseen (mm. peltoaukeiden avo-ojien vesien purku) tai tulvareittien järjestämiseen ei ollut kiinnitetty tarpeeksi huomiota.

Kaupungin selvityksessä ilmeni, että tarkastetuista vahinkokiinteistöistä peräti puolella todettiin rakennuslupaan liittyviä epäselvyyksiä ja mm. rakennusluvan vastaisia rakenteita (Keravan kaupungin vesihuolto 2004).

11.2 Varautuminen kiinteistöihin kohdistuvia tulvavahinkoja vastaan muissa kaupungeissa

Vantaalla kaavamääräyksillä on nostettu kiinteistöjen lattiatasoja alueilla, joilla on riski veden noususta (tulvavaara-alueet). Tämä on osoittautunut hyväksi keinoksi.

Toinen mahdollinen etenemiskeino on tarkastella tulvaherkillä alueilla kehiteltäviä menetelmiä. Saksassa on luotu systemaattinen lähestymistapa tulvien aiheuttamien vahinkojen ja haittojen arviointiin. Sen myötä myös välillisistä ja vasta pidemmällä aikavälillä ilmenevistä vahingoista on alettu saamaan kunnollinen käsitys. Systemaattisesti ja asiantuntevasti laadituilla vahinkoselityksillä on tärkeä merkitys tässä lähestymistavassa.

Saksassa muodostettu alueellisia rekistereitä toteutuneista tulvavahingoista (yksityiskohtaisia vahinkotietoja kohteittain). Rekisteri antoi hyvät mahdollisuudet analysoida tulvavahinkojen syitä ja seurauksia kiinteistöissä ja muissa rakenteissa:

- Rekisterin avulla Saksassa on mm. tutkittu, miten suuria vahinkoja (rahallinen arvo) erikorkuinen tulvavesi kiinteistöissä on aiheuttanut (tulvavesi 1 m, 2 m, 3 m jne. yli lattian tason).
- Tutkimuksen mukaan suurin vahinko syntyy silloin kun vesi nousee lattialle.
- Tulosten perusteella saatu vahinkokäyrä osoittaa, että tämän jälkeen vahinkoaste laskee suunnilleen suhteessa esimerkiksi tulvaveden korkeuden neliöön (siis lisävahinkojen määrän kasvu rahassa laskettuna).
- Yksittäisessä kiinteistössä vahinkokustannus suhteessa vedenpinnan tason nousuun kasvaa paljon hitaammin sen jälkeen, kun vesi on noussut lattialle.

Uudenmaan ympäristökeskus oli tehnyt vastaavanlaisen 3-portaisen vahinkotarkastelun.

Espoossa rakennusjärjestyksen 26 § määrää, että rakennuksen alimman lattiataason tulee olla:

- vähintään 3,0 m keskivedenpintaa korkeammalla meren rannalla ja
- vähintään 1,5 m keskivedenpintaa korkeammalla sisävesistön rannalla.

Espoon tulvatyöryhmän (2005, s. 10) mukaan määräysten alimpia lattiatasoja voidaan pitää riittävinä.

11.3 Viemäriverkoston kunto ja vuotovedet

11.3.1 Vantaa

Vantaalta oli saatavissa tietoja sademäärä ja viemäriin virtaaman vastaavuudesta. Vantaalla myös mitattiin vedenkorkeuksia kaikissa noin 150 pumppaamossa.

Suutarilassa (myös Tammisto ja Lintumäki) oli tehty arvio vuotovesien määrästä mittaamalla virtauksia viemäriputkissa mittaamalla veden määrää putkissa puolen tunnin välein 2 vuoden ajan.

Viemäriverkostokapasiteetti ylittyi paikoin vuoden 2004 tulvassa. Isot pumppaamot olivat ongelmallisia.

Vantaalla Viemäriverkoston kunto ja vuotovedet olivat merkittävä ongelma, vuotavia käyttöveden ja jäteveden putkistoja oli paljon. Vantaalla kokonaisuutena noin 30 % puhtaasta vedestä arvioitiin menevän maahan.

Vuotovesien lisääntymisen aiheuttavan putkien vaurioitumisen syynä on putkien korrosio, joka on voimakkainta valurautaputkissa (kestoikä jopa alle 10 vuotta). Betoniputkien on havaittu kestäneen paremmin. Korroosion ohella vuotoja lisäävät painumisen aiheuttama liitosten vuotaminen.

Uudet viemärit on tehty muoviputkista. Niiden osalta ei ole havaittu vuotoja tai vuotovesiä (vain kansien kautta). Toisaalta muoviputkien kestävydestä ei ole vielä kovin paljon tietoja. Se kuitenkin tiedetään, että mm. alipaineiskut rikkovat muoviputkia. Vuotavia putkia oli korjattu sujuttamalla hyvin tuloksin.

Vantaalla ei ollut sekaviemäreitä. Vantaalla alkoi vuonna 2004 12-vuotinen ohjelma kunnallistekniikan rakentamiseksi vanhoilla pientaloalueilla.

11.3.2 Kerava

Kaupunki teki selvityksiä 22 kiinteistön kärsimien tulvavahinkojen syistä vuonna 2004. Saviolla todettiin kaikkien viiden vahinkokiinteistön kohdalla tulvakorkeuden viemäreissä ylittänen kiinteistöille määrätyn padotuskorkeuden, mikä mahdollisti sen, että Savion alueella viemäriverkoston pääsi runsaasti tulvavettä. Herää kysymys siitä, olisiko viemäriverkoston yhtenä keskeisenä ongelmana liiallinen vuotovesi. Asiaa voisi selvittää analysoimalla vuotoveden määrää alueen viemäriverkostossa.

Keravalla oli tarkistettu viemäriverkoston kuntoa tekemällä pääviemäriverkoston kuvaus. Lisäksi valituissa ongelmakohteissa oli tehty tarkempia tietokoneavusteisiä mallinnuksia. Yhteensä oli kuvattu 17 km viemäreitä.

Keravalla oli selvitetty vuotovesien määrää putkistoissa epäsuorasti veteen ja jäteveteen liittyvien kokonaismäärien ja kustannusten avulla. Kaupunki osti käyttöveden Tuusulan seudun vesilaitos-kuntayhtymältä. Jätevedet johdettiin Viikimäen puhdistamoon. Kaupungin maksutietojen (ostettu vesimäärä ja maksettu jätevesimäärä) perusteella arvioituna vuotovesien kokonaismäärä oli noin 30 %. Tähän liittyi taustatieto puhtaan veden osalta: Tuusulan seudun vesilaitos kuntayhtymän käsittelemän tukkuveden kokonaismäärästä arvioitiin menneen vuotoi-

hin 10 % (www.tsvesi.fi). Kuntayhtymän toiminta-alue kattaa Tuusulan, Järvenpään, Keravan ja Sipoon.

Viemäriputkisto oli osaksi vanhaa ja ilmeisen huonokuntoista. Keravalla oltiin huolestuneita havainnosta, että vesimäärät (suhteessa käyttäjiin) olivat nousseet paljon verrattuna Järvenpäähän. Tämä viittasi osaltaan vuotovesien määrän kasvuun.

Kuntotietoa vesi-, hule- ja jätevesiviemäreistä oli selvitetty, ja kuntotiedon perusteella oli tehty korjaustoimenpiteitä (saneerauksia), joista osa on tehty sujutustekniikalla ja osa uudelleen rakentamalla.

Kaupunki oli laatinut 10 vuoden korjaussuunnitelman, jota oli tarkoitus noudattaa resurssien puitteissa. Sompion alueella oli suurin saneeraustarve. Taloudelliset resurssit olivat suuri ongelma, koska rahaa ei juurikaan ollut saneerauksiin. Kaikki isot investoinnit verkostoon osoitettiin kaupungin budjetin kautta. Raha riitti parin kohteen korjaamiseen vuodessa.

11.3.3 Tuusula

Tuusulan kunnassa yksi tärkeimmistä teknisen toimen tavoitteista ympäristön kannalta vuodelle 2004 oli vesihuoltoverkoston (tark. ilm. jätevesiviemäreiden) vuotovesien vähentäminen. Tavoitteena ollut vuotovesimäärän vähentäminen tason 6 m³/verkosto-m/vuosi alle ei kuitenkaan onnistunut, vaan se ylittyi ollen 6,8 m³/verkosto-m/vuosi poikkeuksellisen suuresta sademäärästä ja poikkeuksellisista tulvavesistä johtuen. (Tuusulan kunta 2005)

Tuusulan kunnassa veden kulutus oli vuoden 2006 aikana yht. 2,07 milj.m³, josta kotitaloudet käyttivät n. 60 % ja teollisuus 9 %. Vesijohtoverkoston kokonaispituus oli 304 km ja jätevesiviemäriverkoston kokonaispituus oli 295 km ja sadevesiviemäriverkoston kokonaispituus oli 87 km (Tuusulan kunta 2007b).

11.4 Vahinkotutkimusten hyödyntäminen tulvavaikutustutkimuksissa

Tutkimuksen aikana keskusteltiin mahdollisuudesta soveltaa onnettomuustutkimuksen menetelmiä vaikutusten tutkimisessa, erityisesti tulvatilanteisiin liittyen Vahinkotutkimusten menetelmät tarjoavat hyödyllisen toimintamallin koskevan tiedon hankintaan, ns. "läheltä piti" -tilanteiden analysoinnin perusteella. Vahinkotutkimusten tulosten pohjalta voidaan paremmin osoittaa, miten eri tilanteisiin pitäisi ennalta reagoida. Näin olisi hyvä tehdä myös tulviin ja niiden vaikutuksiin liittyvässä tutkimuksessa.

Nykyisin vahinkotutkimuksissa paljonkin tietoja saattaa jäädä piiloon, kun niitä ei suunnitelmallisesti selvitetä vauriopaikoilla. Tutkimukset kohdistuvat lähinnä vain ilmoitettuihin tulvavahinkoihin, ja niistäkin pääasiassa korvausvaatimuksia tuottaneisiin tapauksiin, ja tutkimusten tavoitteena on tuottaa tietoa tapahtuneesta korvauskäsittelyä varten.

Usein ongelmana on myös se, että havaittuja ja ilmoitettuja tulvavahinkojen aiheuttamia vaurioita selvittää tapahtumapaikalla sellainen (kunnan) viranomaisen, joka ei omaa vauriotutkimuksissa tarvittavaa rakennusteknistä tms. asian-

tuntemusta. Sama viranomainen laatii usein myös korvaushakemusten luonnoksen tai perusversion.

Yllä kuvatun toimintatavan ilmeisenä vaarana on, että vauriopaikalla jää havaitsematta ja/tai kirjaamatta paljon oleellista tietoa vaurion yksityiskohdista ja ehkä erityisesti sellaiset tiedot, joilla on merkitystä arvioitaessa syntyneiden vahinkojen pitkäaikaisvaikutuksia.

12 Yhteenveto ja johtopäätökset

12.1 Tulvat Vantaanjoella

Tulvia on syntynyt, kun valuma-alueelle on tullut voimakas ja pitkäaikainen rankkasade. Sen vaikutuksesta jokiuoman vedenpinta on noussut. Lisäksi maanpintaa pitkin virtaava sadevesi on saattanut tulvia rakennuksiin, viemärikaivoihin ja vahingoittaa maanpinnalla olevia rakenteita. Keväällä lumen nopeasta sulamisesta on aiheutunut tulvia, joita on voimistanut samanaikainen rankkasade. Joen jäät ovat kasautuneet myös uomaan padoiksi, jotka ovat nostaneet vedenpintaa.

Vantaanjoen virtaamaa ja vedenkorkeutta on seurattu havaintopaikoilla yli 100 vuotta. Tulvatilanteita on kirjattu mm. vuosina 1951, 1966, 1970, 1984, 1999 ja 2004. Näistä kevään 1966 kevättulva oli suurin.

Vuoden 2004 heinäkuun lopussa havaittu tulva aiheutui voimakkaasta, useita vuorokausia kestäneestä sateesta. Sademäärällä mitattuna oli tulvan toistuvuus noin kerran 40 vuodessa toistuva suurin tulva. Havaintopaikkojen virtaamamittausten perusteella tulva oli suurin kerran 7...20 vuodessa toistuva tulva. Tulvaveden pinta oli havaintopaikoilla noin 0,9 metriä normaalikorkeuden yläpuolella, ja 0,3-0,5 metriä ennalta määritetyn tulvarajan yläpuolella. Kerran 100 vuodessa toistuvalla tulvalla veden korkeus olisi enintään noin puoli metriä tätä korkeammalla.

Aiemmista tulvista on mm. Keravalla ja Vantaalla kerätty kartoille tietoja tulvaveden syvyydestä ja alueen laajuudesta. Viime aikoina on käynnistetty tulvien tarkempi mallintaminen perustuen uusiin maanpinnan laser-skannattuihin korkeustietoihin.

Jokivesistöjen tulvimisherkkyyttä lisäävät merkittävästi ainakin seuraavat seikat:

- Vesistössä on vähän järviä, jotka toimivat yleensä tulvaveden varastoaltaina, ja jotka tasaavat alapuolisen joen virtaamaa.
- Järvet sijaitsevat ainoastaan vesistön latvaosissa. Tällöin niiden tasaava vaikutus jää verrattain pieneksi.
- Vesistöalueella on paljon suunnilleen samanmittaisia sivujokia. Tällöin niissä virtaava ylimääräinen vesi purkautuu pääuomaan samanaikaisesti, jolloin etenkin pääuoman alajuoksulle kertyy suuria virtaamia.
- Joen keski- ja alajuoksulla on pitkiä, loivia osuuksia, joilla veden virtaus on hidasta. Jos virtaama kasvaa voimakkaasti, saattaa vesi tulvia yli jokiuomasta tasamaajaksolla, koska siellä voimakas virtausvastus hidastaa veden etenemistä jokiuomassa.
- Pääuoman keski- ja alajuoksulla on sellaisia kapeikkoja (kynnyspaikkoja), jotka padottavat joen virtausta ja nostavat veden pintaa. Tällaisia ovat esimerkiksi kalliosolat.

- Jokuoman varrella on laajoja alavia maa-alueita, joihin tulvavesi pääsee helposti leviämään matalana ”vesipatjana”.
- Hyvinkin matala tulvavesi voi aiheuttaa vahinkoja mm. rakennusten suojaamattomissa kellareissa ja alapohjissa sekä maanpintaa alempana olevissa rakenteissa (kuten alikulut).

12.2 Havaitut tulvavahingot kesällä 2004

Vantaalla havaittiin vähäisiä vesistötulvavahinkoja rakennuksissa. Lisäksi todettiin rankkasadetulvia rakennetuilla alueilla sekä viemäriverkoston ylitulvimista. Nämä aiheuttivat tulvavahinkoja rakennusten alimmissa kerroksissa ja eroosio-ym. pintavahinkoja erilaisissa rakenteissa. Vahingot aiheuttivat noin 450 yhteydenottoa viranomaisiin ja 14 tulvavahinkolain mukaista korvaushakemusta. Näistä hakemus koski rakennuksessa ilmennyttä vahinkoa yhdeksässä tapauksessa ja muuta vahinkoa (irtaimisto, hyötykasvit tms.) viidessä tapauksessa. Lisäksi kaupungin kiinteistöissä todettiin kosteusongelmia tuvan jälkeen.

Keravalla vahingot olivat ensi sijassa hulevesiviemäri- tai jätevesiviemäritulvasta tai pintakuivatuspuutteista johtuvia. Keravanjoen tulva ei aiheuttanut merkittäviä ongelmia rakennuksiin.

Kaupunki kirjasi tulvan jälkeen 22 kiinteistöä, joissa vahinkoja oli havaittu. Vahingot aiheutuivat jätevesi- tai hulevesiviemärien tulvimisesta kellareihin. Eräissä kohteissa vettä tuli myös maanpintaa pitkin kadulta. Muiden kyselyjen perusteella arvioitiin, että vahinkokohteita oli mahdollisesti enemmänkin. Vahingot olivat alapohjan ja seinien kastumisen ohella jätevedestä johtunut likaantumisen, kastumisesta johtuneet rakennevahingot (eristeet, pinnoitteet) sekä sähkö-ym. laitteiden viat. Irtaimistolle aiheutuneet vahingot olivat myös merkittäviä, samoin vahinkokohteena olleiden huonetilojen käytön estymisestä aiheutuneet haitat ja häiriöt.

Riihimäellä tulva, joka oli havaintojen mukaan kerran 20 vuodessa toistuva suurin tulva, aiheutti 70 korvaushakemusta viemärivereden virrattua rakennusten kellareihin. Vahingot olivat kastumista, likaantumista, rakennevahinkoja, laitevahinkoja, vedenjakelun häiriöitä, irtaimistovahinkoja ja käytön estymistä. Arvioitiin, ettei sekaviemärien virtauskapasiteetti ollut riittävä.

Liikennehaitat olivat merkittäviä. Keravalla tulvavesi nousi Keravantielle aiheuttaen 2 vuorokauden liikennekatkon. Myös muissa kunnissa vesi nousi lyhyemmäksi aikaa useille alaville kaduille.

Tulvavesi aiheutti kaduilla eroosiovaurioita, sortumia, päällystevaurioita, rumpuvaurioita ym. myös tulvivien hulevesiviemärien ylivuotoja seurauksena.

Riihimäellä vedenottamalla tapahtunut raakaveden likaantuminen aiheutti suuren ja pitkäaikaisen ongelman. Monin paikoin pumppaamot ylikuormittuivat, jolloin suuria määriä käsittelemätöntä jätevettä juoksutettiin ohi.

Tässä selvityksessä tietoon tulleet ja arvioidut vahinkokustannukset olivat noin 3, 5 milj. euroa. Tämän lisäksi arvioitiin, että Riihimäen käyttöveden likaantumisen aiheutunut haitta olisi ollut noin miljoona euroa.

Selvityksessä esiin tulleiden tietojen mukaan on ilmeistä, että korvaukset olivat aliarvostettuja (tulvavahingoista korvattiin enintään 80 % vahingosta), vahingosta vain osa hyväksyttiin korvauksen perusteeksi, ja vahingoista vain osa ilmoitettiin korvausmenettelyyn. Korvaukset määritettiin erilaisilla perusteilla (satovahinko, tulvavahinko, kiinteistövakuutus, kotivakuutus tms.).

Vahinkoselvitykset tehtiin korvaushakemusta varten, jolloin vahingon syntyminen ja toteutuneet vahingot määritettiin korvausmenettelyn edellyttämällä tavalla. Kokonaiskuvan muodostaminen on näiden tietojen perusteella vaikeata.

12.3 Luonnon ääritilanteet (rankkasateet ja tulvat) yhdyskuntarakenteen "koekuormituksina"

Tutkimuksen yksi peruslinja oli selvittää aiemmin toteutuneiden luonnon ääritilanteiden (rankkasateiden ja tulvien) vaikutuksista yhdyskuntarakenteessa. Ääritilanteita voi käsitellä yhdyskuntarakenteen "koekuormituksina", jolloin saadaan tietoja vahinkojen syntymisestä havaituissa ääritilanteissa ja niiden aiheuttamista kustannuksista. Tässä tutkimuksessa voitiin tarkastella kesän 2004 tulvaa Vantaanjoen vesistössä ja sen aiheuttamia vahinkoja ja vaurioita. Kesän 2004 tulvaan liittyviä tietoja oli myös saatavilla merkittävästi paremmin aiempiin tulviin verrattuna.

Koekuormitusmallia ääritilanteiden kuvaamiseksi kehiteltiin myös eteenpäin tulevaisuuden tulvien mittasuhteiden ja riskien arvioimiseksi. Ilmastonmuutoksen luonnetta ja etenemistä koskevien tulevaisuustietojen (lähinnä lämpötilojen ja sateiden muutokset) perusteella pääteltiin, että Vantaanjoen vesistössä on tarpeellista tarkastella erityisesti kesän myrskysateiden ja voimakkaiden talvisateiden tulvavaikutuksia.

Tutkimuksessa laadittiin kaksi uhkakuvaskenaariota mahdollisista ilmaston äärioloista Etelä-Suomessa suunnilleen vuosien 2070 - 2080 paikkeilla. Skenaarioissa määriteltiin sellaiset kesän ja talven ääritilanteiden parametrit (aikajana, rankkasateiden sadannat, lumen vesiarvot, routa, talven lämpöaalto jne.), jotka näyttävät mahdollisilta pitkällä aikavälillä ilmastonmuutoksen synnyttämässä uusissa ääriolosuhteissa. Skenaariotarkastelujen avulla saatiin karkea käsitys ilmastonmuutoksen myötä yleistyvien myrskysateiden synnyttämistä suurtulvista ja virtaamista Vantaanjoessa.

12.4 Ilmasto-olot talvi- ja kesätulvaskenaarioissa

Talvitulvaa kuvaavassa skenaariossa oletettiin, että talvien keskimääräiset sademäärät ovat 40 % suurempia ja lämpötilat 10 °C korkeampia jaksolla 2071 - 2100 kuin vuosina 1971 - 2000. Lumi sulaa pitkin talvea lämpimien ilmavirtausten ja vesisateiden seurauksena. Ääri-ilmiöiden osalta 6 tunnin ja 5 vrk:n sateiden sadantamaksimit kasvavat Etelä-Suomessa 40 %. Talvien säätyypit vaihtelevat hyvinkin nopeasti.

Talvitulvaskenaariossa toteutuu pakkasjakso joulukuussa, ja maa routaantuu. Sen jälkeen on lumisadejakso, jonka lopulla lumen aluevesiarvo on 100 mm Vantaanjoen vesistöalueella. Tammikuun lopulla lounaasta saapuu myrskyrintama voimakkaine sateineen. Lämpötila nousee +5 - +10 asteeseen. Viiden päivän

aikana sataa 130 mm vettä. Kaikki sadevesi ja lumen sulamisvesi valuu jäisiin jokiuomiin, ja tuloksena on talvitulva.

Kesätulvaa kuvaavassa skenaariossa oletettiin, että keskimääräinen vuosilämpötila Suomessa on vähintään 6,4 °C korkeampi vuosina 2070 - 2099 kuin vuosina 1971 - 2000. Ilmakehässä oleva kosteus kasvaa ilmaston lämpenemisen myötä. Rankkasateet voimistuvat, ja ne muodostavat yhä suuremman osan koko sademäärästä. Ääri-ilmiöiden osalta 6 tunnin ja 5 vrk:n sateiden sadantamaksimit kasvavat 60 %. Vantaanjoen vesistöalueella heinäkuun aluesadannan suurin määrä on noin 335 mm/kk (nykyisin noin 210 mm/kk). Rankat sateet lisääntyvät yleisesti kuivempina kesinä, jolloin kuivalla maalla on huono imukyky.

Kesätulvaskenaariossa Vantaanjoen valuma-alueella otaksuttiin koettavan kaksi suurta, lähekkäin tapahtuvaa rankkasadejaksoa vuonna 2070. Niiden välissä on neljä sateetonta poutapäivää, ja jälkimmäisen sadejakson jälkeen on poutajakso. Sadejaksojen tuloksena vesistöalueella kertyy yhteensä 300 mm suuruinen aluesadanta vajaassa kolmessa viikossa. Seurauksena on suuri kesätulva.

12.5 Vesimäärät ja Vantaanjoen virtaamat talvi- ja kesätulvaskenaarioissa

Tutkimuksessa arvioitiin myös ennakoitujen ilmastonmuutoksen vaikutuksia vesimääriin ja virtaamiin Vantaanjoen erällä havaintopaikoilla talvi- ja kesätulvatilanteissa, jolloin otettiin huomioon mm. routaolojen muuttumista ja rankkasateen voimakkuudessa ennakoituja muutoksia. Todettiin, että virtaamat saattavat kasvaa havaituista suurimmista arvoista merkittävästi, jopa 40 %, mikä voi aiheuttaa tulvaveden nousun korkeimmista havaituista noin puoli metriä korkeammalle.

Talvitulvaskenaariossa sateesta ja lumen sulamisesta kertyvän vesimäärän arvioitiin olevan valuma-alueella noin 10 % pienemmän kuin vuoden 1966 tulvan aikaisen vesimäärän, mutta noin 40 % suuremman kuin vuoden 2004 kesätulvan synnyttäneen vesimäärän. Vuoden 1966 kevättulvaan verrattuna pääosa veden kokonaisuudesta tulee vesisateesta (vuonna 1966 pääosa tuli lumen sulamisesta) ja lisäksi lumen sulaminen on paljon nopeampaa kuin vuoden 1966 tapahtumassa.

Talvitulvaskenaariossa Vantaanjoen vesistöön arvioitiin päätyvän suunnilleen yhtä paljon vettä kuin vuoden 1966 tulvassa. Sadevesi kertyy nopeasti eli viiden päivän aikana. Ilman lämpötila nousee suhteellisen korkeaksi, ja siksi lumi sulaa kuudessa päivässä eli lähes samanaikaisesti vesisateen kanssa. Vedestä ehti haihtua selvästi vähemmän kuin vuoden 1966 tulvan aikana. Molemmissa tulvatapauksissa vettä arvioitiin varastoituvan järviin yhtä paljon.

Talvitulvaskenaariossa huippuvirtaamien arvioitiin kasvavan erittäin suuriksi. Helsingin Oulunkylän havaintoaseman kohdalla Vantaanjoen huippuvirtaama olisi arviolta 450 m³/s, eli suunnilleen 40 % suurempi kuin vuoden 1966 tulvassa (317 m³/s) ja noin 160 % suurempi kuin vuoden 2004 tulvassa (175 m³/s). Myös Vantaanjoen vesistöalueen muissa joissa, puroissa ja pienemmissä vesiuomissa huippuvirtaamat olisivat hyvin suuria.

Kesätulvaskenaariossa edellä kuvatuista sateista kertyy valuma-alueella yhteensä noin 506 milj. m³ vettä. Tämä on noin 18 % enemmän kuin vuoden 1966 kevättulvan vesimäärä, mutta yli 80 % enemmän kuin vuoden 2004 kesätulvassa.

Maaperän imukyky alenee vähitellen voimakkaan ja pitkän sadejakson aikana. Jälkimmäisen sadejakson vedestä imeytyisi maahan vain 50 % tavanomaisesta. Vesistöalueen järvistä ym. altaista ei ehdi valua vettä juuri lainkaan pois ennen toisen sadejakson alkamista. Vettä haihtuu pääasiassa vain sadejaksojen välipäivinä, koska voimakkaina sadepäivinä haihtuminen on melko vähäistä. Lopputuloksena valuma-alueelle sadejaksoilla kertyneestä vedestä noin 260 milj. m³ valuu jokiin ja uomiin. Tämä on noin 130 % enemmän kuin vuoden 2004 tulvassa.

Kesätulvaskenaariossa huippuvirtaaman arvioitiin olevan jälkimmäisen sadejakson lopulla suunnilleen 250 m³/s Helsingin Oulunkylän havaintoaseman kohdalla. Se on siis noin 40 % suurempi kuin vuoden 2004 kesätulvan huippuvirtaama. Myös muualla Vantaanjoen vesistössä huippuvirtaamat arvioitiin paljon suuremmiksi kuin ne olivat vuonna 2004. Ne olisivat kuitenkin pienempiä kuin vuoden 1966 tulvan huippuvirtaamat.

Skenaarioissa määriteltyjen parametrien pohjalta arvioitiin yksinkertaisella mallilla rankkasateista ja lumen sulamisesta kertyviä vesimääriä Vantaanjoen valuma-alueella ja niiden seurauksena syntyvien virtauksien ja vesistötulvien voimakkuuksia Vantaanjoen vesistössä. Tulvien voimakkuutta skenaariotapauksissa arvioitiin Vantaanjoessa tulvavirtaamien perusteella. Voitiin päätellä, että tulvien voimakkuudet kasvaisivat hyvin paljon sekä kesällä että talvella verrattuna kevättulvaan vuonna 1966 ja kesätulvaan vuonna 2004. Tulvien voimakkuutta ja vaikutuksia voidaan jatkossa tarkentaa käyttäen digitaalista maastotietoa hyödyntävää vesistö- ja tulvamallia.

12.6 Skenaariotulvien vaikutuksista

Skenaarioiden tärkeimpinä tarkoituksena oli toisaalta osoittaa uusien tulviin sopeutumisen ja suojautumisen keinojen tarve ja toisaalta edistää sellaisten valintojen tekemistä, jotka helpottavat selviytymistä ilmastonmuutoksen myötä odotettavissa olevista, uhkakuvien kaltaisista suurtulvista.

Esimerkiksi Vantaan kaupungissa on käytetty vuoden 1966 tulvan levinneisyysalueesta tehtyä tulvavaarakartta mm. kaavasuunnittelussa siten, että uudisrakentaminen on ohjattu pääsääntöisesti tulvavaara-alueiden ulkopuolelle. Menetelmä on osoittautunut toimivaksi. Kuitenkaan tulvakartan perusteella toteutettu rakentamisen ohjaus ei näyttänyt riittävältä tulvasuojelun osalta tulevaisuudessa pitkällä aikavälillä.

Talvitulvaskenaarion mukaisen virtaaman toistuvuuden arvioitiin olevan suunnilleen kerran 2000 vuodessa, jos mittarina käytetään menneiltä havaintojaksoilta määritettyjä, Gumbel -jakaumaa soveltaen arvioituja toistuvuuslukuja. Saman mitta-asteikon mukaan kesätulvaskenaarion mukaisen virtaaman toistuvuus on suunnilleen kerran 70 vuodessa.

Luonnon ääritilanteiden toteutumisen (laskennalliset) todennäköisyydet olivat tyypillisesti pieniä. Toisaalta ilmastonmuutoksen edetessä ääritilanteiden toteutumisen todennäköisyydet muuttuvat. Tämä tarkoittaa mm. sitä, että nykykäsityksen mukaan harvoin (laskennallisesti) toteutuvista suurtulvista tulee aikaa myöten jopa verrattain usein toistuvia.

Vantaanjoen yläjuoksulta Riihimäen kaupungin kohdalta oli tehty tulvavaarakarttoja, joista yksi kuvaa tulvavesiriskin alaisia alueita sellaisella suurtulvalla, jonka virtaama toistuu tilastollisesti kerran 1000 vuodessa (Ympäristöministeriö 2006). Sen mukaan hyvin suuri osa kaupungista joutuisi veden valtaan jo tämän kokoisella tulvalla, joka kuitenkin on paljon pienempi kuin talvitulvaskenaarion tulva.

Skenaariotapausten perusteella oli pääteltävissä, että tulvien voimakkuus kasvaa suuresti jatkossa. Suurtulvat tulevaisuudessa, etenkin talviaikaan, ovat vaikutuksiltaan todennäköisesti merkittävästi vahingollisempia kuin vuoden 1966 kevät-tulva, ellei yhdyskunnissa oteta käyttöön nykyistä parempia keinoja tulvavahinkojen ennaltaehkäisyyn ja tulvasuojeluun erityisesti Vantaanjoen kaltaisilla pienehköillä, vähäjärvisillä vesistöalueilla.

12.7 Tulvan vaikutusten hallinta

12.7.1 Tulvakorkeuden ennakointi

Tulvan vaikutusten hallinta edellyttää kykyä ennakoida tulvaa. Tulee määrittää tulvatapahtuma, johon on varauduttava. Tämä olisi normaalisti kerran 100 vuodessa toistuva vesistön tai merenpinnan tulvakorkeus, mutta myös suuremman ja harvinaisemman tulvan vaikutuksia on tarkasteltava. Tällaisen vesistötulvan paikallinen ennakointi voi perustua tulvan hydrologiseen mallintamiseen. Tässä tarvitaan tietoa sadannasta ja uoman korkeussuhteista. Kokemus toteutuneiden tulvien peittävyyydestä ja vedenkorkeuksista on osoittautunut hyödylliseksi (esimerkiksi Vantaalla ja Keravalla v. 1966). Merenpinnan tulvakorkeus ei riipu sadannasta, vaan ilmanpaineesta sekä tuulensuunnasta ja voimakkuudesta. Tällainen meritulva ilmeni viimeksi Suomenlahdella tammikuussa 2005. Se oli korkein havaittu koko havaintoaikana, joka alkoi 1870-luvulla.

Vedenkorkeuden perusteella voidaan arvioida tulvan peittämän alueen laajuutta ja vertaamalla sitä maankäytön karttoihin saada käsitystä tulvan kohdistumisesta rakennuksiin ja rakenteisiin. Samoin voidaan arvioida kaavasuunnittelussa alueiden tulvaherkkyuden perusteella asetettavia rakentamisrajoituksia. Lievissä tapauksissa rakentamiskielto ei ole perusteltu, mutta rakentamisen edellytyksenä voisi olla suunnitelma toimenpiteistä tulvavahinkojen estämiseksi.

Rankkasadetulva aiheuttaa voimakkaan pintavalunnan, joka voi ylittää rakennetun alueen kuivatusjärjestelmien kapasiteetin. Tällöin sadevesi alkaa virrata maan pintaa ja pintauomia pitkin. Myös sadevesiviemärointi saattaa tulvia ”taaksepäin”, jolloin vesi virtaa maanpinnalle mm. kaivonkansien kautta piholle, kaduille ja teille ym. kuivatuskohteisiin. Kuivatusohjeissa edellytetään takaiskuventtiilien käyttöä, mutta näitä ei usein syystä tai toisesta ole asennettu. Myös vanhojen, viemäroityjen alueiden lisärakentaminen saattaa aiheuttaa tulvariskin nousun. Tämän vuoksi olisi kuivatusjärjestelmän riittävyys selvitettävä tarvittaessa laskelmin alueita uudelleen kaavoitettaessa. Tällöin on mahdollista myös selvittää, onko alueella ilmennyt kuivatushäiriöitä, jotka ovat aiheuttaneet tulvimista tai tulvavahinkoja.

Jätevesi- ja sekaviemäreissä rankkasade saattaa aiheuttaa vuotovesien virtaaman kasvun. Vaikka normaalioloissa verkoston kapasiteetti riittää myös vuotovesien

johtamiseen puhdistamolle, niin rankkasateella pintavesien virtaus viemäriin kaivojen, vuotavien liitosten ja rikkoutuneiden putkien kautta saattaa aiheuttaa viemäriveden ylitulvimisen. Takaiskuventtiilien puuttuessa jätevesi tulvii maanpinnalle ja kellareihin. Virtaama saattaa ylittää myös pumppaamoiden kapasiteetin, jolloin jätevesi purkautuu vesistöön.

12.7.2 Tulvavahingot

Toteutuvan tulvan aiheuttamat vahingot riippuvat tulvan kestosta, tulvaveden korkeudesta (vesisyvyydestä) kohteessa sekä siitä, miten haavoittuva kohde on veden vaikutuksille. Korjaustarve ja -kustannus on sitä suurempi, mitä enemmän vesi on vahingoittanut ja liannut irtaimistoa ja rakenteita. On havaittu, että tulvavahingot ovat merkittävästi pienemmät, jos kohteeseen (rakennukseen) on aiemmin kohdistunut tulva. Tällöin tulvanarkojen tilojen käyttöä ja sisustusta on muutettu niin, että vahinko on vähäinen, eikä vaikutus ole kohtalokas. Ääritilanteessa tulvaveden voidaan sallia nousta alakertaan lyhytaikaisesti, eikä sitä tarvitse patoamalla pitää rakennuksen ulkopuolella. Tällainen tila voi toimia esimerkiksi varastona, autotallina tms., jolloin se on helposti tulvan uhatessa tyhjennettävissä.

Tulvan tapahduttua on tila ensin siivottava ja kuivatettava. Tämän jälkeen tehdään tulvavahinkojen inventointi, jossa vahinkojen arvioinnin ohella selvitetään korjaustarve sekä mahdolliset toimenpiteet vahinkojen vähentämiseksi uudella tulvalla. Tämä vaihe edellyttää ainakin korjausrakentamisen asiantuntemusta ja kokemusta tulvavahinkojen korjauksesta.

Vahinkoarvioinnissa olisi syytä selvittää tulvan aiheuttamat kokonaisvahingot, mukaan luettuna tilojen käytön estymisestä aiheutuvat haitat, haitat mahdolliselle liiketoiminnalle, kolmannelle osapuolelle ym. Vasta tämän jälkeen voidaan päättää, mikä osa vahingosta kuuluu kunkin osapuolen (kiinteistö, kunta, vakuutusyhtiö, valtiovalta) korvattavaksi.

12.7.3 Tulvan vaikutusten estäminen kiinteistöllä

Tulvan vaikutuksia voidaan tehokkaimmin estää, kun niihin on ennalta varauduttu. Varautumista helpottaa, jos on olemassa ilmastoasiantuntijoiden toimesta laadittu tulvarisikoilmoitusmenettely, jolloin tulvariskiä aiheuttavasta rankkasateesta ilmoitetaan ennakolta. Tällöin voidaan myös määrätä tulvahälytyksen antamista, kun tulvariski on riittävän voimakas ja ennusteen luotettavuustaso on riittävä.

Kohteen tulvariski ja tulvan edellyttämät toimet on selvitettävä kohteen suojele- ja pelastussuunnitelmassa. Tällainen laaditaan lakisääteisesti kiinteistöillä mm. palo- ym. riskien suhteen. Tärkeätä on selvittää kohteen ominaisriskit, sekä suojeletoiminnan organisointi, tarvittavien materiaalien ja laitteiden, ulkopuolisten palvelujen saatavuus sekä kiinteistöllä tarpeelliset toimenpiteet riskien pienentämiseksi (kuivatusjärjestelyt, pumppaus, takaiskuventtiilit, riskillisten tilojen käyttö ym.).

Myös kuntien ja julkishallinnon laitosten (tie- ja ratahallinto ym.) olisi syytä selvittää tarpeellisia toimenpiteitä ja suunnitelmia akuutin tulvatilanteen varalta.

12.7.4 Kustannusten hallinta

Tietoa vahingoista ja vahinkokustannuksista saadaan luotettavimmin vahinkoselvityksistä. Vertailukelpoisuuden saamiseksi on tarpeen määritellä vahingon syntymiseen vaikuttavat tekijät samoin kuin fyysiset vahingot ja niiden korjaustapa luotettavasti. Edelleen olisi kirjattava käytön esteet ja kolmannelle osapuolelle aiheutuvat haitat ja kustannukset. Vahinkotietoa tarvitaan suojausmenetelmien kehittämiseksi. Kokonaiskustannustieto on tarpeen arvioitaessa korjaustoimenpiteiden ja tulvansuojelutoimenpiteiden kustannustehokkuutta.

Olisi tarpeen tehdä suurista tulvakohteista tulva- ja tulvavahinkoselvityksiä samoin, kuin onnettomuustutkinnassa on tapana. Tällöin tavoitteena ei ole selvittää vastuu- ja syyllisyyskysymyksiä, vaan pyrkiä muodostamaan mahdollisimman selkeä kuva tapahtuneesta, jolloin on mahdollista määritellä toimenpiteitä vastaavien vahinkojen vähentämiseksi ja rajoittamiseksi. Vahinkotutkinta tulisi tehdä pikaisesti, jolloin tapahtumien kulku voidaan rekonstruoida todellisuutta vastaavasti. Vahinkoselvitys tulisi tehdä asiantuntemusta käyttäen.

Vastuunjako ja korvaukset vahingosta ja haitasta määritetään erikseen.

12.8 Jatkotutkimustarve

Tehtyjen selvitysten perusteella olisi valmiutta varautua ja puolustautua mahdollisia tulvatilanteita vastaan parannettava seuraavilla tutkimuksilla:

1. Tulvavahinkotutkimukset toteutuneilla suurtulvilla

Suurilla tulvilla ilmeneviä vahinkoja olisi syytä selvittää nykyistä tarkemmin vahinkokustannusten selvittämiseksi ja vahinkoprosessien kuvaamiseksi, jolloin on mahdollista myös paremmin arvioida, miten vahingoittuneita rakenteita tulisi korjata ja vahvistaa, miten vahinkoja voidaan tulevaisuudessa estää ja rajoittaa.

2. Koesuunnitteluhankkeet vahinkojen ennakoitimenetelmien kehittämiseksi ja testaamiseksi kaavasuunnittelussa, uudelleenkaavoituksessa ja kiinteistöllä

Dokumentoitu koesuunnittelu antaa mahdollisuuden testata käytössä olevien menetelmien ja tietojen soveltuvuutta ja kehittämistarvetta sekä kuvata hyvää tutkimus- ja suunnittelutapaa mahdollisen ohjeistuksen pohjaksi.

3. Tulvavahinkojen estäminen ja rajoittaminen kiinteistöillä, menettelyt ja menetelmät

Tutkimuksilla pyritään kehittämään menetelmiä vahinkoriskin arvioimiseksi ja varautumistoimenpiteiksi kiinteistöllä mm. osana suojelusuunnittelua. Edelleen voidaan selvittää toimenpiteitä ja menetelmiä tulvan aiheuttamien vahinkojen korjaamiseksi

4. Alueellisen kuivatussuunnittelun menetelmien ja kuivatustekniikoiden kehittäminen ja koerakentaminen

Sade- ja sulamisvesien hallintaa tulisi parantaa rakennetuilla alueilla mm. alueellisten kuivatussuunnittelun menetelmien kehittämisellä ja käyttöönotolla rankka-

sateen aiheuttamien tulvariskien tunnistamiseksi ja hallitsemiseksi. Hankkeissa voidaan soveltaa dokumentoidun koesuunnittelun ja -rakentamisen menetelmiä

5. Vuotovesien vähentämisen selvittäminen, suunnittelu ja toteutus jätevesiviemäri-verkostoissa

Viemäriverkostojen tulvaherkkyyttä voidaan tehokkaasti vähentää vuotovesiä vähentämällä. Menetelmiä vuotovesien määrien analysoimiseksi verkostoissa tulisi ottaa käyttöön. Tämän jälkeen on mahdollista arvioida verkoston parantamistarvetta jätevesitulvan vähentämisen kannalta.

6. Viemäritulvien estäminen kiinteistöllä, menetelmät ja ohjeet

Kiinteistön omistajien varautumista viemäritulvariskeihin tulisi lisätä ja osoittaa menetelmiä tulvariskien ja tulvavahinkojen rajoittamiseksi ja estämiseksi

7. Tulvavahinkorekisterin muodostaminen

Suuronnettomuustutkimusten tulosten perusteella on mahdollista kehittää tietojärjestelmää, jossa on tietoja tulvavahingoista ja -haitoista sekä niiden kustannuksista. Tietoja voidaan käyttää mm. vahinkoselvitysten tukena ja tulvasuojelutoimenpiteiden teknistaloudellisissa arvioissa.

Lähdeviitteet

Ala-Outinen, T., Harmaajärvi, I., Kivikoski, H., Kouhia, I., Makkonen, L., Saarelainen, S., Tuhola, M. ja Törnqvist, J. (2004) Ilmastonmuutoksen vaikutukset rakennettuun ympäristöön. VTT Tiedotteita 2227/2004. 84 s. + liitt. 6 s.

Bernström, R. ja Saukkonen, L. (2007) Ilmastonmuutoksesta ja sen vaikutuksista. Esitelmä Maarakennuspäivällä 4.10.2007 Finlandiatlossa, Helsingissä. 28 s.

Carter, T. (toim.) 2007. Suomen kyky sopeutua ilmastonmuutokseen: FINADAPT. Yhteenveto päättäjille. Suomen ympäristökeskus, Suomen ympäristö 1/2007. Helsinki. 78 s.

Carter, T.R., Jylhä, K., Perrels, A., Fronzek, S. and Kankaanpää, S. (2005) FINADAPT scenarios for the 21st century: alternative futures for considering adaptation to climate change in Finland. FINADAPT Working Paper 2, Finnish Environment Institute Mimeographs 332, Helsinki, 42 pp.

Carter, T.R. and Kankaanpää, S. 2004. A preliminary examination of adaptation to climate change in Finland. The Finnish Environment 640. Finnish Environment Institute. 66 pp.

Carter, T., Bärlund, I., Fronzek, S., Kankaanpää, S., Kaivo-oja, J., Luukkanen, J., Wilenius, M., Tuomenvirta, H., Jylhä, K., Kahma, K., Johansson, M., Boman, H., Launiainen, J., Laurila, T., Lindfors, V., Tuovinen, J-P., Aurela, M., Syri, S., Forsius, M. & Karvosenoja, N. (2002) The FINSKEN global change scenarios. Julk.: Käyhkö, J. & Talve, L. Understanding The Global System: The Finnish Perspective. Finnish Global Change Research Programme FIGARE, Turku. P. 27 - 40. ISBN 951-29-2407-2. <http://figure.utu.fi/UGS>.

Espoon tulvatyöryhmä (2005) Tulvaongelma Espoossa. Espoon tulvatyöryhmän raportti 6.10.2005. Moniste.

- Garvin S.L. & Kelly D.J., 2007. Flood repair standards for buildings. In: Advances in urban flood management. Taylor & Francis, London 2007, pp. 277-298.
- Halminen, J. (2007) Viemäreilläkin on rajansa. Lehtiartikkeli, Suomen Kiinteistölehti, vol. 2007, nro 7, s. 32.
- Helsingin kaupunki (2005) Tulvantorjuntatyöryhmän loppuraportti 30.12.2005. Moniste.
- Hennesy, K., Gregory, J. & Mitchell, J. (1997) Changes in daily precipitation under enhanced greenhouse conditions. *Climate Dynamics* 13: 667 - 680.
- Houghton, J., Ding, D., Griggs, D., Noguer, M., van der Linden, P., Dai, X., Maskell, K. & Johnson, C. (toim.). 2002. *Climate Change 2001: Scientific Basis, Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Cambridge University Press, Cambridge. 881 s. ISBN 0-521-80767-0.
- Hämeen ympäristökeskus (2004)a Lausunto kesän 2004 poikkeuksellisista tulvista. Hämeen ympäristökeskus 21.12.2004.
- Hämeen ympäristökeskus (2004)b Lausunto kesän 2004 poikkeuksellisista tulvista. Hämeen ympäristökeskus 21.12.2004.
- Hämeen ympäristökeskus (2004)c Lausunto kesän 2004 poikkeuksellisista tulvista. Hämeen ympäristökeskus 22.12.2004.
- Hämeen ympäristökeskus (2004)d Lausunto kesän 2004 poikkeuksellisista tulvista. Hämeen ympäristökeskus 22.12.2004.
- Ilmatieteen laitos (2007)a Heinäkuun 2006 sääseuranta ja tilastot. Ilmatieteen laitoksen internetsivut osoitteessa www.fmi.fi/saa/tilastot (sivujen sisältö 4.6.2007).
- Ilmatieteen laitos (2007)b Sunnuntaina runsaita sateita Porin seudulla. Ilmatieteen laitoksen internetsivut osoitteessa www.fmi.fi/saa/tilastot (Tiedote 13.8.2007).
- Ilmatieteen laitos (2007)c Elokuun 2006 sääseuranta ja tilastot. Ilmatieteen laitoksen internetsivut osoitteessa www.fmi.fi/saa/tilastot (sivujen sisältö 3.9.2007).
- Ilmatieteen laitos (2000) Patoturvallisuuden mitoitussadannat. Suomen suurimpien 1, 5 ja 14 vrk:n piste- ja aluesadantojen analysointi vuodet 1959 - 1998 kattavasta aineistosta. Ilmatieteen laitoksen raportteja 2000:3.
- Imatran Voima Oy (1968) Vantaanjoki. Tulvasuojeluselvityksistä. Imatran Voima Oy, Rakennusosasto. 10 s. Julkaisematon raportti 29.11.1968.
- Insinööritoimisto Ristola Oy (2004) Herajoen vedenottamon veden laatuongelmien tarkastelu. Insinööritoimisto Paavo Ristola Oy:n raportti, 26.8.2004.
- IPCC (hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli) (2007) Neljäs arviointiraportti.
- Juhola, A. (2007) Tiedonluovutus vuoden 2004 tulvavahinkoarvioista. Luovutettuihin tietoihin liittyvä saatekirje. Vantaan kaupunki, maankäytön ja ympäristön toimiala, maataloussihteeri Anja Juhola, 2.11.2007.
- Juvankoski, M., Kivikoski, H. ja Törnqvist, J. (2007) Seinäjoki-Oulu ratahankkeen routatarkastelut. VTT:n tutkimusraportti VTT-R-06240-07. Ratahallintokeskukselle tehty luottamuksellinen raportti.
- Jylhä K., Tuomenvirta H. and Ruosteenoja K. (2004) Climate change projections for Finland during the 21st century. [Boreal Environment Research](http://www.boreal-env.com) 9, 127 - 152.

Kahma K., Pettersson H., Boman H. ja Seinä A. (1998) Alimmat suositeltavat rakennuskorkeudet Pohjanlahden, Saaristomeren ja Suomenlahden rannikoilla. Merentutkimuslaitos.

Keravan kaupungin vesihuolto (2004) Tietoja Keravan kaupungille ilmoitetuista tulvavahinkokiinteistöistä. Keravan kaupungin vesihuollolta saatu julkaisematon moniste. 1 s.

Keravan kaupunginhallitus (2004)a Keravan kaupunginhallituksen kokouksen 21.06.2004 pöytäkirja, kohta 252 § Kaupungin vuoden 2004 talousarvion toteuttamisen seuranta. Keravan kaupungin verkkosivut osoitteessa www.kerava.fi/.

Keravan kaupunginhallitus (2004)b Keravan kaupunginhallituksen kokouksen 23.08.2004 pöytäkirja, kohta 288 § Kaupungin vuoden 2004 talousarvion toteuttamisen seuranta. Keravan kaupungin verkkosivut osoitteessa www.kerava.fi/.

Keravan kaupunginhallitus (2004)c Keravan kaupunginhallituksen kokouksen 18.10.2004 pöytäkirja, kohta 359 § Kaupungin vuoden 2004 talousarvion toteuttamisen seuranta. Keravan kaupungin verkkosivut osoitteessa www.kerava.fi/.

Keravan kaupunginhallitus (2004)d Keravan kaupunginhallituksen kokouksen 20.12.2004 pöytäkirja, kohta 469 § Kaupungin vuoden 2004 talousarvion toteuttamisen seuranta. Keravan kaupungin verkkosivut osoitteessa www.kerava.fi/.

Keravan tekninen lautakunta (2005)a Keravan kaupungin teknisen lautakunnan kokouksen 14.06.2005 pöytäkirja, kohta 72 § Vahingonkorvausoikeudenkäynti + liiteaineisto. Keravan kaupungin verkkosivut osoitteessa www.kerava.fi/.

Keravan tekninen lautakunta (2005)b Keravan kaupungin teknisen lautakunnan kokouksen 25.10.2005 pöytäkirja, kohta 111 § Sopimus Meriviemärin vuotovesistä + pöytäkirjan liitteet nro 71, 72 ja 81. Keravan kaupungin verkkosivut osoitteessa www.kerava.fi/.

Keravan tekninen lautakunta (2004)a Keravan kaupungin teknisen lautakunnan kokouksen 21.9.2004 pöytäkirja, kohta 114 § Tulvavahingot 29. ja 31.7.2004. Keravan kaupungin verkkosivut osoitteessa www.kerava.fi/.

Keravan tekninen lautakunta (2004)b Keravan kaupungin teknisen lautakunnan kokouksen 16.11.2004 pöytäkirja, kohta 150 § Tulvavahingot 29. ja 31.7.2004. Keravan kaupungin verkkosivut osoitteessa www.kerava.fi/.

Keravan tekninen lautakunta (2004)c Keravan kaupungin teknisen lautakunnan kokouksen 16.11.2004 pöytäkirja, kohta 143 § Talousarvion toteutuma 31.10.2004. Keravan kaupungin verkkosivut osoitteessa www.kerava.fi/.

Koivunurmi, J. (1995) Vantaanjoen vesistön tulva-alueet. Uudenmaan ympäristökeskus, Helsinki. [Julkaisematon selvitys 15.6.1995.]

Koivunurmi, J. ja Huhta, H. (1999) Uudenmaan ympäristökeskuksen suurtulvaselvitys. Liite 4 teoksessa Ollila, M., Virta, H. ja Hyvärinen, V. (2000) Suurtulvaselvitys, arvio mahdollisen suurtulvan aiheuttamista vahingoista Suomessa. Suomen ympäristö 441, s. 52 - 54. Helsinki.

Koponen, U. (2006) Hulevesiä ja tulvia koskevat suunnittelukäytännöt ja toiminta Helsingissä, Espoossa ja Vantaalla. Tiivistetty yhteenveto. Usko Koposen laatima moniste, 2.5.2006. 3 s.

Kron, A. (2007). Flood damage estimation and flood risk mapping. Julkaisussa: Advances in urban flood management. Taylor & Francis Group, London/Leiden/New York/Philadelphia/Singapore, ss. 213-235.

Kuusisto, E. & Käyhkö, J. (2004) Globaalimuutos: Suomen akatemian FIGARE-ohjelma. Kustannusosakeyhtiö Otava, Helsinki. 169 s. ISBN 951-1-18924-7.

Maa- ja metsätalousministeriö (2007) Tulvavahinkokorvaukset Vantaanjoen kunnissa 2004. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus, Maaseutuelinkeinorekisteri. VTT:n tutkimusta varten tehty julkaisematon tilastoraportti, 31.10.2007.

Maa- ja metsätalousministeriö (2006) Tulvavahinkotyöryhmä. Maa- ja metsätalousministeriö, Helsinki. Työryhmämuistio MMM 2006:16. 62 s. ISBN 952-453-276-X.

Maa- ja metsätalousministeriö (2005) Vesihuollon erityistilannetyöryhmän loppuraportti: ehdotukset toimenpiteiksi vesihuollon varautumisen kehittämiseksi. Työryhmämuistio. MMM 2005:7.

Maa- ja metsätalousministeriö (2003) Suurtulvatyöryhmän loppuraportti - ehdotukset toimenpiteiksi suurista tulvista aiheutuvien vahinkojen vähentämiseksi. Maa- ja metsätalousministeriö, Helsinki. Työryhmämuistio MMM 2003:6. 126 s. ISBN 952-453-104-6.

Makkonen L., Ruokolainen L., Räisänen J. & Tikanmäki M., (2007). Regional climate model estimates changes in Nordic extreme events. *Geophysica* 43(1-2): 19-42.

Makkonen, L. (2008) Problems in the extreme value analysis. *Structural Safety* (2007). DOI: 10.1016/j.strusafe.2006.12.001. Article in Press.

Marttila, V., H. Granholm, J. Laanikari, T. Yrjölä, A. Aalto, P. Heikinheimo, J. Honkatukia, H. Järvinen, J. Liski, R. Merivirta, and M. Paunio (2005) [Ilmastonmuutoksen](#) kansallinen sopeutumisstrategia. MMM:n julkaisuja 1a/2005, Ministry of Agriculture and Forestry, Helsinki, Finland, 280 pp.

Myllys, H. (2004) Selvitys 28. - 31.7.2004 sateista Vantaanjoen valuma-alueella. 5 s. DRNO 39/410/2004. [Julkaisematon selvitys, saatu tiedoksi Riihimäen kaupungin tekniseltä virastolta. DNO 1306/04.]

Mäntylä, K. ja Saarelainen, S. (2007)a Kerava tulvavaikutusprojektissa. Kuntaraportti, luonnos 19.10.2007. Tutkimuksen julkaisematon aineisto. Moniste, 25 s.

Mäntylä, K. ja Saarelainen, S. (2007)b Vantaa tulvavaikutusprojektissa. Kuntaraportti, luonnos 6.11.2007. Tutkimuksen julkaisematon aineisto. Moniste, 34 s.

Ollila, M., Virta, H. ja Hyvärinen, V. (2000) Suurtulvaselvitys, arvio mahdollisen suurtulvan aiheuttamista vahingoista Suomessa. Suomen ympäristö 441, Helsinki. 138 s. ISBN 952-11-0795-2.

Parviainen, J. (2003) GIS, hydrologia ja hydraulikka. Kuopion yliopisto, ympäristötieteen laitos, ympäristöinformatiikka. 9 s. www.hytti.uku.fi/.

Raivio, T., Gilbert, Y. ja Lonka, H. (2005) Viranomaisten varautuminen rankkasadetulvatilanteisiin: Pelastustoiminnan johtokeskustyöskentelyn ja viranomaisten yhteistoiminnan kehittämistarpeet. Gaia Group Oy. Raportti saatavilla internet -osoitteessa: [Riihimäen kaupunki \(2007\) Riihimäen kaupungin ympäristöraportti 2006. Riihimäen kaupungin monistamo 2007.](http://www.gaia.fi/Ranta, J. (2004) Muistio tulvatilanteista katualueilla 28.7 - 2.8.2004. Vantaan kaupunki, Kuntatekniikan keskus, Jorma Ranta 9.9.2004. Moniste, 2 s.</p></div><div data-bbox=)

Riihimäen kaupunki (2005) Tilastokirja 2004. Julkaistu 8.9.2005. Riihimäen kaupungin verkkosivut osoitteessa www.riihimaki.fi/.

Riihimäen Vesihuoltolaitoksen johtokunta (2004)a Riihimäen Vesihuoltolaitoksen johtokunnan kokouksen 31.8.2004 pöytäkirja, kohta 86 § Herajoen pohjavedenottamon suo-

jaaminen pintavesivaikutuksilta. Riihimäen kaupungin verkkosivut osoitteessa www.riihimaki.fi/.

Riihimäen Vesihuoltolaitoksen johtokunta (2004)b Riihimäen Vesihuoltolaitoksen johtokunnan kokouksen 9.10.2004 pöytäkirja, kohta 103 § Laatuvirhehyvitys keittokehottus-alueelle. Riihimäen kaupungin verkkosivut osoitteessa www.riihimaki.fi/.

Riihimäen Vesihuoltolaitoksen johtokunta (2004)c Riihimäen Vesihuoltolaitoksen johtokunnan kokouksen 19.10.2004 pöytäkirja, kohta 107 § Vesihuoltolaitoksen vuoden 2004 talousarvion tarkistaminen. Riihimäen kaupungin verkkosivut osoitteessa www.riihimaki.fi/.

Riihimäen Vesihuoltolaitoksen johtokunta (2004)d Riihimäen Vesihuoltolaitoksen johtokunnan kokouksen 14.12.2004 pöytäkirja, kohta 146 § Asunto Oy Riihenhirren, Asunto Oy Riihennotkon, Asunto Oy Riihenvakan, Asunto Oy Riihenheinän ja Asunto Oy Riihenohran ja eräiden niiden asukkaiden alustava korvausvaatimus viemäritulvavahingoista. Riihimäen kaupungin verkkosivut osoitteessa www.riihimaki.fi/.

Riihimäen Vesihuoltolaitoksen johtokunta (2004)e Riihimäen Vesihuoltolaitoksen johtokunnan kokouksen 21.12.2004 pöytäkirja, kohdat 157 - 170 § ja 172 - 202 §. Riihimäen kaupungin verkkosivut osoitteessa www.riihimaki.fi/.

Riihimäen Vesihuoltolaitoksen johtokunta (2005)a Riihimäen Vesihuoltolaitoksen johtokunnan kokouksen 6.9.2005 pöytäkirja, kohta 119 § Herajoen vedenottamon uuden kaivopisteen koepumppaus. Riihimäen kaupungin verkkosivut osoitteessa www.riihimaki.fi/.

Riihimäen Vesihuoltolaitoksen johtokunta (2005)b Riihimäen Vesihuoltolaitoksen johtokunnan kokouksen 8.3.2005 pöytäkirja, kohdat 33§, 34§, 35§, 36§ ja 37§. Riihimäen kaupungin verkkosivut osoitteessa www.riihimaki.fi/.

Riihimäen Vesihuoltolaitoksen johtokunta (2005)c Riihimäen Vesihuoltolaitoksen johtokunnan kokouksen 17.5.2005 pöytäkirja, kohta 73§. Riihimäen kaupungin verkkosivut osoitteessa www.riihimaki.fi/.

Ruokolainen, L., Räisänen, J. ja Makkonen, L. (2005) Kasvihuoneilmion voimistumisesta johtuvan ilmastonmuutoksen vaikutus Suomen lumiolosuhteisiin vuosina 2071 - 2100. Esitys XXII Geofysiikan päivillä Helsingissä 19. - 20.5.2005. Geofysiikan Seuran julkaisu, s. 185 - 190. Helsinki.

Ruosteenoja, K. (ei vuosilukua) Maailmanlaajuisiin ilmastomalleihin perustuvia lämpötila- ja sademääräskenaarioita. ACCLIM-hankkeen 2. osahankkeeseen (T2) perustuva esitys. 20 s.

Ruosteenoja, K. (2005) Maapallon ilmasto - jääkausia ja lämpöaalloja. Esitys XXII Geofysiikan päivillä Helsingissä 19. - 20.5.2005. Geofysiikan Seuran julkaisu, s. 191 - 194. Helsinki.

Ruosteenoja, K., Jylhä, K. & Tuomenvirta H., 2005. Climate scenarios for FINADAPT studies of climate change adaptation. FINADAPT Working Paper 15. Finnish Environment Institute Mimeographs 345, Helsinki. 32 pp.

Räisänen, J. ja Jylhä, K. (2007) Ilmastoarviot: epävarmuudet ja todennäköisyydet. Ilmastonmuutoksen sopeutumistutkimusohjelma, kevätkokous 28.2.2007. 22 s.

Räisänen, J. ja Ruokolainen, L. (2007) Ilmastonmuutoksen todennäköisyysennusteet. ACCLIM -tutkimuskokonaisuuden WP3. Climate in the next 50 years. Suomen Akatemia.

Räisänen, J., Hansson, U., Ullerstig, A., Döscher, R., Graham, L., Jones, C., Meier, H., Samuelsson, P. & Willén, U. 2004. European climate in the late twenty-first century: regional simulation with two driving global models and two forcing scenarios. *Climate Dynamics* 22: 13 - 31.

Saarelainen, S. (2007) Karkea arvio maaperään imeytyvän veden osuudesta kokonaissademäärästä keskimäärin Suomessa. *Keskustelu* 6.3.2007.

Saarelainen, S. (2006)a Adaptation to climate change in the transport sector. FINADAPT Working Paper 8. Finnish Environment Institute Mimeographs 338. Helsinki. 19 s.

Saarelainen, S. (2006)b Climate change and risks to the built environment. FINADAPT Working Paper 9. Finnish Environment Institute Mimeographs 339. Helsinki. 22 s.

Saarelainen, S. (2006)c Ilmastonmuutos ja tienpito. Tieyhdistyksen Tampereella 4-5.10.2006 pidetyn konferenssin "Väylät ja Liikenne" julkaisu, ss. 101 - 106.

Saarelainen, S. ja Makkonen, L. (2007) Ilmastonmuutokseen sopeutuminen tienpidossa. *Esiselvitys. Tiehallinnon selvityksiä 4/2007*. Helsinki. 58 s. + liitt. 11 s.

Sane, M., Alho, P., Huokuna, M., Käyhkö, J. & Selin M. (2006) *Opas yleispiirteisen tulvavaarakartoituksen laatimiseen*. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Ympäristöopas 127. 73 s. ISBN 952-11-2162-9.

Suhonen V. (2006) Vantaanjoen vesistön tulvantorjunnan toimintasuunnitelma. Teknillinen korkeakoulu, Rakennus- ja ympäristötekniikan osasto. *Diplomityö* 12.6.2006.

Suhonen V. ja Rantakokko K. (2006) Vantaanjoen vesistön tulvantorjunnan toimintasuunnitelma. Uudenmaan ympäristökeskuksen raportteja 1|2006. Helsinki.

Suomen Ympäristökeskus (2004)a Vesitilannekatsaus heinäkuun lopussa 2004: Ennätyselliset sateet nostivat suuria kesätulvia. Suomen Ympäristökeskuksen verkkosivut osoitteessa www.ymparisto.fi/.

Suomen Ympäristökeskus (2004)b Vesitilannekatsaus elokuun lopussa 2004: Vettä runsaasti lähes koko maassa. Suomen Ympäristökeskuksen verkkosivut osoitteessa www.ymparisto.fi/.

Suomen Ympäristökeskus (2004)c Hydrologinen kuukausitiedote heinäkuu 2004: Ennätyselliset sateet nostivat suuria kesätulvia. Suomen Ympäristökeskuksen verkkosivut osoitteessa www.ymparisto.fi/.

Suomen Ympäristökeskus (2004)d Hydrologinen kuukausitiedote elokuu 2004: Vettä runsaasti lähes koko maassa. Suomen Ympäristökeskuksen verkkosivut osoitteessa www.ymparisto.fi/.

Tiehallinto (2007) Liikennemääräkartta 2006. Tiehallinnon Uudenmaan piiri. Tiehallinnon verkkosivut osoitteessa www.tiehallinto.fi/pls/wwwedit/docs/15241.PDF.

Tiehallinto (2005) Tieliikenteen ajokustannusten yksikköarvot 2005. Suunnitteluvaiheen ohjaus. Verkkojulkaisu osoitteessa www.tiehallinto.fi/julkaisut.

Tilastokeskus (2007)a Työpaikat toimialoittain ja suuralueittain 31.12.2004. Tilastokeskus, taulu TO5E.

Tilastokeskus (2004) Suomen tilastollinen vuosikirja 2004. SVT. 99. vuosikerta. Hämeenlinna.

Tuusulan kunta (2007)a Tilastotietoja Tuusulan kunnasta ja sen suuralueista. Tuusulan kunnan [www -sivut](http://www.tuusula.fi) osoitteessa www.tuusula.fi.

Tuusulan kunta (2007)b Tietoa Tuusulasta 2007. Tuusulan taskutilasto. Tuusulan kunnan www -sivut osoitteessa www.tuusula.fi. (sivut päivitetty 4.6.2007)

Tuusulan kunta (2006)a Tuusulan teknisen lautakunnan tilinpäätös 2005. Tuusulan teknisen lautakunnan kokouksen 14.2.2006 kohdan 32 liiteaineisto. Tuusulan kunnan www -sivut osoitteessa www.tuusula.fi. (sivut päivitetty 4.6.2007)

Tuusulan kunta (2005) Tuusulan kunnan ympäristötilinpäätös 2004. 30 s. Tuusulan kunnan www -sivut osoitteessa www.tuusula.fi. (sivut päivitetty 12.10.2007)

Tuusulan kunta (2004) Tuusulan kuntastrategia 2005 - 2007. Tuusulan kunnan www -sivut osoitteessa www.tuusula.fi. (sivut päivitetty 12.10.2007)

Uudenmaan ympäristökeskus (2005)a Lausunto liittyen Keravan kaupungin alueen tulvavahinkokorvaushakemuksiin. Uudenmaan ympäristökeskus 8.2.2005.

Uudenmaan ympäristökeskus (2005)b Lausunto tulvan poikkeuksellisuudesta. Uudenmaan ympäristökeskus 18.8.2005.

Uudenmaan ympäristökeskus (2005)c Lausunto liittyen Vantaan ja Helsingin tulvavahinkokorvaushakemuksiin. Uudenmaan ympäristökeskus 28.4.2005.

Uudenmaan ympäristökeskus (2004)a Lausunto liittyen Keravan kaupungin alueen tulvavahinkokorvaushakemuksiin. Uudenmaan ympäristökeskus 10.12.2004.

Uudenmaan ympäristökeskus (2004)b Lausunto liittyen Vantaan ja Helsingin tulvavahinkokorvaushakemuksiin. Uudenmaan ympäristökeskus 12.10.2004.

Vahtera, H. 2006. Vantaanjoen yhteistarkkailu. Vedenlaatu vuonna 2005. Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistyksen julkaisu 58/2006. ISSN 0357-6671

Valtiovarainministeriö (2006) Valtion matkustussäännön kulukorvaustasot 1.1.2007 alkaen.

Vantaan Kaupunginhallitus (2004)a Vantaan kaupunginhallituksen kokouksen 16.8.2004 pöytäkirjan kohta § 46 Tiedustelu Vantaanjoen tulvan aiheuttamista kustannuksista. Vantaan kaupungin verkkosivut osoitteessa www.vantaa.fi/.

Vantaan Kaupunginhallitus (2004)b Vantaan kaupunginhallituksen kokouksen 1.11.2004 pöytäkirjan kohta § 18 Selvitys Vaskivuoren lukion vesivahingoista ja jatkotoimenpiteistä. Vantaan kaupungin verkkosivut osoitteessa www.vantaa.fi/.

Vantaan Kaupunginhallitus (2004)c Vantaan kaupunginhallituksen kokouksen 15.11.2004 pöytäkirjan kohta § 16 Määrärahojen siirtäminen vuoden 2004 talousarvion investointiosan talonrakennusmenokohdilla. Vantaan kaupungin verkkosivut osoitteessa www.vantaa.fi/.

Vantaan kaupunki ja Strafica Oy (2005) Vantaan tie- ja pääkatuverkon liikenne-ennusteet. Vantaan yleiskaavan tarkistukseen liittyvä selvitys. 10 s. + liitteet 41 s.

Vantaan kaupunki (2005a) Kaupunkivedet ja niiden hallinta, RYVE, 23.11.2005. Yhteenveto Ympäristöklusterin tutkimusohjelman Eko-Infran RYVE -osahankkeiden sisällöstä ja tuloksista. Moniste, 11 s.

Vantaan kaupunki (2004a) Tietoja vuoden 2004 tulvavahinkopaikoista ja tiivistelmä kaupungin käyttämistä tulvan hallinnan suunnittelukeinoista. Moniste, 23 s.

Vantaan kaupunki (2004b) Rankkasateen aiheuttamat kustannukset ajalla 29.7. - 31.8.2004. Yhteenveto. Vantaan kaupunki, Ympäristötuotanto, ylläpito ja hankerakentaminen. Moniste, 1 s.

Vantaan kaupunki (1983) Vantaanjoen vesistön pahimmat tulva-alueet vuoden 1966 kevättulvissa. Karttalehti, johon on rajattu laajat tulva-alueet ja merkitty ilmakuvien perusteella arvioidut tulvavesipintojen korkeudet. Vantaan kaupungin rakennusvirasto. Vantaa.

Vantaan Kaupunkisuunnittelulautakunta (2005)a Vantaan Kaupunkisuunnittelulautakunnan kokouksen 16.2.2005 pöytäkirjan kohdat § 11 Kuntatekniikan keskuksen vuosiraportti 2004 ja § 12 Kunnallistekniikan investointien vuosiraportti 2004. Vantaan kaupungin verkkosivut osoitteessa www.vantaa.fi/.

Vantaan Kaupunkisuunnittelulautakunta (2005)b Vantaan Kaupunkisuunnittelulautakunnan kokouksen 6.4.2005 pöytäkirjan kohta § 13 Kunnallistekniikan rakentamiseen varatun investointimäärärahan korottaminen julkisen käyttöomaisuuden menokohdalla 93. Vantaan kaupungin verkkosivut osoitteessa www.vantaa.fi/.

Vehviläinen, B. (2004) Vesistöennusteet ja vesitilannekartat. Artikkelit, 8 s. Suomen Ympäristökeskuksen verkkosivut osoitteessa www.ymparisto.fi.

Venäläinen, A. (2007) Ilmastohankkeiden tuloksia; ACCLIM, Ratu ja EXTREMES. Esitys maa- ja metsätalousministeriön järjestämässä "Kaavoituksen ja rakentamisen haasteet ilmaston muuttuessa; sopeutumistutkimusten esittelytyöpaja" -tutkijatapaamisessa 4.10.2007 Helsingissä. 5 s.

Väänänen, S. (2005) Pirttirannan loma-asuntoalueen tulvasuojelun yleissuunnitelma, Vantaa [opinnäytetyö]. Lahden ammattikorkeakoulu, Lahti. 40 s.

Wahlgren, I., Kuismanen, K. ja Makkonen, L. (2007) Sörnäistenranta-Hermanninranta-osayleiskaava. Ilmastonmuutoksen huomioonottaminen. VTT:n tutkimusraportti nro VTTR0047107. Helsingin kaupungin kaupunkisuunnitteluvirasto ja VTT Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 47 s. + liitteet 9 s.

Ympäristöministeriö (2006) Riihimäen keskustan yksityiskohtainen tulvavaarakartta HQ 1/20a, HQ 1/50a, HQ 1/100a, HQ 1/250a ja HQ 1/1000a. Ympäristöministeriö verkkosivut osoitteessa www.ymparisto.fi/tulvakartat.

Liite : Talusveden laadun huonontumisen vahinko- ja haittakustannusten laskentaperusteet Riihimäen tapauksessa

Liitteessä esitetään talusveden laadun huonontumiseen Riihimäellä liittyvien kustannuslaskelmien yksityiskohtaiset lähtötiedot, oletukset ja yksikkökustannukset.

A. Kotitaloudet

- Riihimäen kaupungin väkiluku on yhteensä 27500 henkilöä. 1 - 6 vuotta vanhoja on noin 1850 henkilöä, ja heistä arviolta 60 % on päivähoivossa. 7 - 18 vuotiaita on noin 4000 henkilöä, ja heistä lähes kaikki käyvät päivisin erilaisissa kouluissa.
- Valtaosa ihmisistä asuu kotonaan. Todellisuudessa pieni osa väestöstä on hoidettavana laitoksissa, mutta sitä ei oteta huomioon näissä laskelmissa.
- Suositusten mukaan ihmisen pitää juoda runsaasti vettä tai muuta ei-alkoholipitoista juomaa päivittäin. Tässä arvioidaan, että jokainen ihminen juo päivittäin litran vesijohtovettä tai vastaavaa juomaa. Kaupunkilaisista arviolta 75 % juo siitä puolet kotona ja puolet muualla (työssä, koulussa, päiväkodissa, ravitsemusliikkeessä jne.).
- Voidaan arvioida karkeasti, että kaksi kolmasosaa kaupunkilaisista hankkii juomaveden keittämällä vesijohtovettä. Kolmannes kaupunkilaisista ostaa kaupasta tarvittavan juomaveden, koska heillä ei ole aikaa keittopuuhille.
- Kotitalouksissa kuluu vettä noin 0,3 litraa per henkilö kotona nautittavien aterioiden valmistamiseen. Voidaan arvioida, että tämä vesi hankitaan keittämällä tai kaupasta samassa suhteessa kuin juomavesi.
- Yhden vesilitran keittäminen kotitalouksissa yleisellä keittimellä kuluttaa sähköä keskim. 0,12 kWh.
- Tavallisille sähkönkäyttäjille kotitalouksissa yksi kWh sähköä maksaa noin 8-11 snt per kWh sähköyhtiöstä riippuen (sisältää sähkön, siirrot, perusmaksut ja verot (alv 22 %)). Tässä arvioidaan, että kotitaloussähkön hinta on keskimäärin 9,5 snt per kWh.
- Yksi litra edullista lähdevettä maksaa vähittäiskaupassa keskimäärin noin 0,40 €/l, kun erityyppisten kauppojen markkinaosuudet otetaan huomioon. Keskihinta on laskettu Alepan 5 litran kanisterista FinnAqua -lähdevettä (0,45 snt/l) ja Lidlin 9 litran pakkauksesta lähdevettä (0,26 snt/l).
- Yhden keitetyn (tai ostetun) vesilitran hankkimiseen ja käsittelyyn (ml. hankkiminen) kotitalouksissa kuluu aikaa keskimäärin 3 minuuttia. Vesilitran keittäminen kestää noin 4 minuuttia, mutta osan tästä ajasta voi käyttää muihin toimiin. Juomavesi pitää myös pullottaa ja jäähdyttää viileäksi jääkaapissa.
- Vapaa-ajan arvoa on vaikea laskea mm. erilaisten arvostuseriaatteiden takia. Tässä voidaan käyttää laskelmissa kahta vaihtoehtoista arvoa. Ensimmäinen on 0,12 €/min, ja se vastaa Tiehallinnon (2005) ohjeellista vapaa-ajan arvoa matka-ajan säästölaskelmissa. Toinen on 0,038 €/min, eli keskimääräinen kuu-kausieläke (1100 €/kk) jaettuna kuukauden ajalle, pl. nukkumisen aika (8 h).

B. Työpaikat

- Keskiuudessa kaupungissa on noin 12000 työpaikkaa.

- Työpaikoista osa on auki 5 päivää, osa 6 päivää ja osa 7 päivää viikossa. Laskelmissa asiaa on yksinkertaistettu niin, että arviolta 60 % työpaikoista noudattaa 5-päivää-viikossa-rytmiä ja loput 7-päivää-viikossa-rytmiä.
- Karkeasti arvioituna 80 % työpaikoista on sellaisia, joissa työpäivän aikana nautitaan lounas tai vastaava ateria. Keitetyn veden kulutukseksi voidaan laskea 0,4 litraa per ateria (0,2 l juomana ja 0,2 l ateriassa).
- Lisäksi voidaan olettaa, että kaikilla työpaikoilla nautitaan keskimäärin 2 kuppia kahvia, teetä tai vastaavaa juomaa työpäivän aikana. Keitetyn veden kulutukseksi voidaan laskea 0,3 litraa per työntekijä.
- Voidaan arvioida karkeasti, että ruokailuun, juomaveteen, kahveihin ja muihin juomiin tarvittavasta vedestä kaksi kolmasosaa saadaan keittämällä vesijohtovettä ja kolmannes ostamalla tarvittava juomavesi.
- Vesilitran keittäminen työpaikoilla kahvia yms. varten kuluttaa sähköä keskimäärin 0,1 kWh (osa keitetään pienkeittimillä ja osa laitoskeittiöissä).
- Vesilitran keittäminen työpaikoilla aterioita varten kuluttaa sähköä keskimäärin 0,08 kWh.
- Sähkön suurkuluttajille (valtaosa työpaikoista) yksi kWh sähköä maksaa noin 5 - 8 snt per kWh sähköyhtiöstä riippuen (sisältää sähkön, siirrot, perusmaksut ja verot (alv 22 %)). Tässä arvioidaan, että sähkön hinta työpaikoilla ja laitoksissa on keskimäärin 6,5 snt per kWh.
- Yksi litra edullista lähdevettä maksaa työnantajalle arviolta keskimäärin 0,25 €/l, kun työpaikkojen erityyppiset hankintatavat otetaan huomioon.
- Vesilitran keittämiseen ja käsittelemiseen (ml. hankkiminen) työpaikoilla kahvitaukoja varten menee aikaa arviolta keskimäärin 2 minuuttia ja aterioita varten arviolta keskimäärin 0,5 min (koska se tapahtuu pääosin suurkeittiöissä).
- Veden keittämiseen ja käsittelyyn kuluu hukkaan kallista työaikaa. Laskelmissa voidaan käyttää työajan arvona 0,64 € minuutissa. Se saadaan laskemalla työntekijän keskimääräinen kustannus työnantajalle (arv. 12 €/h + sosiaalimaksut 60 % + yleiskustannukset 100 %).

C. Laitokset

- Keskiuudessa kaupungissa on arviolta 1100 lasta päivähoidossa ja arviolta 4000 koululaista.
- Koulujen ja päiväkotien on oletettu noudattavan 5-päivää-viikossa-rytmiä.
- Kouluihin liittyvät kustannukset on laskettu siksi, että juomavesiongelman voi tulla myös lukuvuoden aikana
- Päivähoidossa lapsille tarjotaan juomaa ja ateria tai aterioita. Voidaan arvioida, että päivähoidossa keitetyn veden kulutus päivässä on 0,7 litraa per lapsi (0,5 l juomana ja 0,2 l ateriassa).
- Kouluissa nuorille tarjotaan juomaa ja ateria. Voidaan arvioida, että kouluissa keitetyn veden kulutus oli 0,4 litraa per koululainen (0,2 l juomana ja 0,2 l ateriassa).
- Voidaan arvioida karkeasti, että 75 % vedestä saadaan keittämällä vesijohtovettä ja 25 % vedestä ostetaan.
- Voidaan arvioida karkeasti, että ruokailuun liittyen 80 % vedestä saadaan keittämällä vesijohtovettä ja 20 % vedestä ostetaan. Juomiin liittyen kaksi kolmasosaa vedestä saadaan keittämällä vesijohtovettä ja kolmannes ostamalla tarvittava juomavesi.
- Vesilitran keittäminen laitoksissa kuluttaa sähköä keskimäärin 0,08 kWh.
- Sähkön suurkuluttajille (mm. laitokset) yksi kWh sähköä maksaa noin 5 - 8 snt per kWh sähköyhtiöstä riippuen (sisältää sähkön, siirrot, perusmaksut ja verot

(alv 22 %). Tässä arvioidaan, että sähkön hinta työpaikoilla ja laitoksissa on keskimäärin 6,5 snt per kWh.

- Yksi litra edullista lähdevettä maksaa työnantajalle arviolta keskimäärin 0,2 €/l, kun laitosten erityyppiset hankintatavat otetaan huomioon.
- Vesilitran keittämiseen ja käsittelyyn (ml. hankkiminen) laitoksissa juomia varten menee aikaa arviolta keskimäärin 1 minuutti ja aterioita varten arviolta keskimäärin 0,5 min (koska se tapahtuu pääosin suurkeittiöissä).
- Veden keittämiseen ja käsittelyyn kuluu hukkaan kallista työaikaa. Laskelmissa voidaan käyttää työajan arvona 0,51 € minuutissa. Se saadaan laskemalla työntekijän keskimääräinen kustannus työnantajalle julkisella sektorilla (arv. 12 €/h + sosiaalimaksut 60 % + yleiskustannukset 60 %).

D. Ravitsemusliikkeet

- Keskiuudessa kaupungissa on arviolta 5 ruokaravintolaa, 5 viihderavintolaa tai pubia, 5 baaria ja 5 kahvilaa.
- Ruokaravintoloiden oletetaan oleva auki 6 päivää viikossa ja muiden ravitsemusliikkeiden 7 päivää viikossa.
- Karkeasti arvioituna ruokaravintoloissa valmistetaan keskimäärin 40 aterialla ja 50 kahvi-annosta yms. (ml. vesilasillinen) päivässä. Viihderavintoloissa ja pubeissa valmistetaan keskimäärin 10 aterialla (ml. kahvi tms.) ja 100 juoma-annosta päivässä. Baareissa valmistetaan keskimäärin 40 aterialla (ml. kahvi tms.) ja 100 kahvi-annosta yms. (osassa mukana vesilasillinen) päivässä. Kahviloissa tarjotaan arviolta keskimäärin 150 kahvi-annosta tai vastaavaa (ml. vesilasillinen) päivässä. Keitetyn veden kulutukseksi voidaan laskea keskimäärin 0,4 litraa per aterialla (ruokaan 0,2 l ja juomavesi 0,2 l), keskimäärin 0,3 l per kahviannos tai vastaava ja keskimäärin 0,2 l per juoma-annos. Ruokaravintoloissa tarjotaan yleensä pullotettua vettä, joten niiden osalta juomavettä ei oteta huomioon laskelmissa.
- Ravitsemusliikkeissä ollaan yleisesti ottaen tarkkoja veden laadusta (ml. maku-haitat). Näin ollen voidaan arvioida, että ruokailuun liittyen 50 % vedestä saadaan keittämällä vesijohtovettä ja 50 % vedestä ostetaan. Kahveihin ja muihin juomiin liittyen kolmasosa vedestä saadaan keittämällä vesijohtovettä ja kaksi kolmasosa saadaan ostamalla tarvittava juomavesi.
- Vesilitran keittäminen ravitsemusliikkeissä kuluttaa sähköä keskimäärin 0,08 kWh.
- Sähkön suurkuluttajille (kaikki ravitsemusliikkeet) yksi kWh sähköä maksaa noin 5 - 8 snt per kWh sähköyhtiöstä riippuen (sisältää sähkön, siirrot, perusmaksut ja verot (alv 22 %). Tässä arvioidaan, että sähkön hinta työpaikoilla ja laitoksissa on keskimäärin 6,5 snt per kWh.
- Yksi litra erittäin edullista lähdevettä maksaa ravitsemusliikkeille arviolta keskimäärin 0,15 €/l, kun niiden erityyppiset hankintatavat otetaan huomioon.
- Vesilitran keittämiseen ja käsittelyyn (ml. hankkiminen) ravitsemusliikkeissä juomia varten menee aikaa arviolta keskimäärin 1 minuutti ja aterioita varten arviolta keskimäärin 0,5 min (koska se tapahtuu suurkeittiöissä).
- Veden keittämiseen ja käsittelyyn kuluu hukkaan kallista työaikaa. Laskelmissa voidaan käyttää työajan arvona 0,64 € minuutissa. Se saadaan laskemalla työntekijän keskimääräinen kustannus työnantajalle (arv. 12 €/h + sosiaalimaksut 60 % + yleiskustannukset 100 %).

Liite A: Tiestön ja liikenteen vahinko- ja haittakustannusten laskentaperusteet Vantaalla 2004

Kesän 2004 tulva ja siihen liittyneet rankkasateet aiheuttivat Vantaan kaupungissa paljon vahinko- ja haittakustannuksia tiestön ylläpitäjille ja liikenneverkon käyttäjille. Tässä liitteessä esitetään tiestöön ja liikenteeseen liittyneiden vahinko- ja haittakustannuslaskelmien keskeiset perusteet, oletukset ja yksikkökustannukset.

Ajoneuvojen keskimääräisiä määriä teillä ja kaduilla selvitettiin Tiehallinnon liikennelaskentatietojen (Tiehallinto 2007) ja Vantaan yleiskaavan tarkistustyön liikennemääräselvityksen (Vantaan kaupunki ja Strafica Oy 2005) perusteella sekä niissä esitettyihin tietoihin tukeutuen. Pienempien katujen ja teiden kohdalla ajoneuvojen määriä arvioitiin karttatarkastelujen perustella. Liikenneverkon vahinko- ja haittapaikkojen osalta selvitettiin kiertotiet kartalta. Kiertoteiden keskimääräinen pituus ja ylimääräiset matkakilometrit voitiin arvioida kohtuullisella tarkkuudella kartoilta.

Katujen ja teiden käytön häiriintymiset ja kiertoteiden käyttö hidastivat liikennettä ja aiheuttivat jonoja etenkin ruuhka-aikoina. Kustannuslaskelmiin sisällytettiin arviot jonoissa odottamisen aiheuttamista aikamenetyksistä. Kiertoteiden ajamisen ajoneuvokustannukset laskettiin Valtion matkustussäännön (Valtiovarainministeriö 2006) mukaisten kilometrikorvausten perusteella.

Katujen ja teiden käytön häiriintymiset ja kiertoteiden käyttö hidastivat liikennettä ja aiheuttivat jonoja etenkin ruuhka-aikoina. Kustannuslaskelmiin sisällytettiin arviot jonoissa odottamisen aiheuttamista aikamenetyksistä. Kiertoteiden ajamisessa, pyörimisessä ja kävelemisessä kuluneen sekä ruuhkissa menetetyn ajan arvo laskettiin Tiehallinnon (2005) ohjeessa määriteltyjen matka-aikasäästöjen rahallisten arvojen (työ-, asiointi- tai vapaa-ajan matkan arvo) perusteella olettaen, että kiertoteillä ja liikenne-ruuhkissa menetetty aika on yhtä arvokasta kuin liikenneverkon parantamiskohteiden avulla säästetty matka-aika.

Kustannusten laskeminen edellytti tietoja myös ongelmapaikkojen käyttörajoitusten ja -häiriöiden kestosta. Joidenkin kohteiden osalta oli käytettävissä tarkka tieto käyttörajoitusten ja -häiriöiden ajallisesta kestosta. Muiden kohteiden osalta vastaavat tiedot arvioitiin työn aikana kohteiden sijainnin (suhteessa vesireitteihin) perusteella.

Liikenneväylien ongelmakohteet ja kustannusten laskentaperusteet on esitetty alla olevassa listassa.

Vantaanjoen pääuoman tulvimisesta aiheutuneiden vahinko- ja haittakustannusten laskentaperusteet:

- Ahoniityntie (paikallistie) Riipilässä. Tiellä vettä kuvan (Vantaan kaupunki 2004a) perusteella noin 200 metrin matkalla, enimmillään ainakin 50 cm. Ongelman kesto n. 4 vrk. Kiertoteistä keskim. johtuva ylimäär. matka 5 km, arv. 350 ajoneuvoa/vrk.
- Solbackantie (paikallistie) Peräjänkulmassa, Luhtaanmäellä. Vettä tiellä yli metri Vantaanjoen ylittävän Solbackantien sillan molemmin puolin, ainakin

noin 300 metrin matkalla. Solbackantien mäki korjattu kolmeen kertaan 100 m matkalta tulvan aikana (Ranta 2004). Ongelman kesto n. 4 vrk. Kiertoteistä keskim. johtuva ylimäär. matka 9 km, arv. 200 ajoneuvoa/vrk.

- Peräjätie (paikallistie) Peräjänkulmassa. Kolme eri paikkaa veden alla. Vesi syövyttänyt tietä (Ranta 2004). Ongelman kesto n. 4 vrk. Kiertoteistä keskim. johtuva ylimäär. matka 9 km, arv. 200 ajoneuvoa/vrk.
- Kevyen liikenteen väylä välillä Tapola-Vanha Nurmijärventie. Vesi peitti väylän (Ranta 2004). Ongelman kesto n. 4 vrk., ei kiertotietä, arv. 100 kävelijää ja 100 pyöräilijää vrk:ssa.

Keravanjoen pääuoman tulvimisesta aiheutuneiden vahinko- ja haittakustannusten laskentaperusteet:

- Ohratien silta Jokiniemessä. Vettä tiellä, tie suljettuna torstai-illasta tiistaihin (Ranta 2004) Ongelman kesto n. 4,5 vrk., kiertoteistä keskim. johtuva ylimäär. matka 2,0 km, 3326 ajoneuvoa/vrk.
- Vainiontie Jokiniemessä (Ohratien sillan lähellä). Vettä tiellä, liikenne poikki torstai-illasta tiistaihin (Ranta 2004) Ongelman kesto n. 4,5 vrk., kiertoteistä keskim. johtuva ylimäär. matka 50 m, arv. 20 ajoneuvoa/vrk.
- Tikkurilantie, junaradan alikulku Tikkurilassa. Pääradan ali menevä alikulku oli suljettuna torstain ja perjantain välisen yön 29. - 30.7.2004. Sen jälkeen alikulku saatiin pidettyä auki pumppaamalla sinne kertyvä vesi ja sulkemalla jokeen laskevan sadevesiviemärin venttiili (Ranta 2004). Ongelman kesto n. 0,3 + 4 vrk., kiertoteistä keskim. johtuva ylimäär. matka 1,4 km (yöllä), aikamenetys 20 sek (30.7. - 2.8.), n. 13500 ajoneuvoa/vrk (yöllä 29. - 30.7. n. 700 ajoneuv).
- Vernissan vierusta Tikkurilassa. Alueella paljon vettä. Vesi ei liene päässyt rakennuksen sisälle.
- Vernissanpuisto Tikkurilassa. Alueella hyvin paljon vettä. Kulkukelvoton. Puistorakennelmat veden vallassa.

Sivu-uomien tulvimisesta aiheutuneiden vahinko- ja haittakustannusten laskentaperusteet:

- Kivikkotie (paikallistie) Iloassa. Tuusulan teollisuusalueelta tulevat Kylmäojan latvavedet tulvivat Kivikkotien alueella sekä puistovyöhykkeellä (Ranta 2004). Kivikkotien päässä oleva asuntoalue oli lähes motissa, ei kiertoteitä vuonna 2004. Sittemmin alueella rakennettu paljon. Nykyisin tietä käyttää arviolta 500 ajoneuvoa/vrk. Ongelman kesto n. 2 vrk. Ongelmakohtassa ajo hidasta, 1 min ylimääräistä/ajokerta.
- Angervontien kevyen liikenteen silta välillä Angervotie-Simonkyläntien Ruskeasannalla. Kylmäojan tulva vei vanhan sillan kansirakenteet, ja sillan kivi-keilat sortuivat osittain. Liian pieni virtausaukko (Ranta 2004). Ongelman kesto n. 20 vrk, kiertoteistä keskim. johtuva ylimäär. matka 0,5 km, arv. 200 kävelijää ja 300 pyöräilijää vrk:ssa.
- Peltolantie ja Osmankäämintieltä länteen johtavat pikkutiet Tikkurilassa. Kylmäojan alitusrumpujen mitoitus liian pieniä jatkoa ajatellen (Ranta 2004).
- Heidehofintie (taajamien yhdystie) Kuninkaalassa, välillä Santaradantie-Kuninkaalantie. Tieosuus ajoittain veden peitossa, lähes kulkukelvoton. Laskuoja ja rummut liettyneet tulvaveden vaikutuksesta. Ojaa kaivettu tulvan jälkeen

paremmaksi (Ranta 2004). Ongelman kesto n. 3 vrk., vesi hidasti kulkemista n. 1 min/auto, arv. 5000 ajoneuvoa/vrk.

- Savimaantie (paikallistie) Vallinojalla Korsossa. Savionojan tulvavesi vei murskeet rumpujen päältä ja rumpun kapasiteetti osoittautui liian pieneksi. Tien vauriot korjattava ja rumpu vaihdettava suuremmaksi (Ranta 2004). Ongelman kesto n. 5 vrk, kiertoteistä keskim. johtuva ylimäär. matka 300 m, arv. 200 ajoneuvoa/vrk.
- Rekolan aseman alikulkutunneli. Rekolanoja tulvi yli maavallin, vesi täytti asematunnelin (Ranta 2004). Vettä ainakin 1,5 m syvyydeltä alikulkutunnelissa. Ongelman kesto n. 3 vrk, kiertoteistä keskim. johtuva ylimäär. matka 150 m, arv. 3000 kävelijää vrk:ssa.
- Haapalantie (paikalliskuja) Jokivarressa Korsossa. Metsolansuolta tulevan ojan tulvavesi katkaisi tien 200 m Leppäkorventiestä, paikalliskujan peräosa jäi mottiin. Tiessä liian pieni rumpu. Lisätty myöhemmin toinen rumpu tulvarummuksi (Ranta 2004)). Ongelman kesto noin 2 vrk, ei kiertotietä, noin 15 ajokertaa/vrk., 2 min ylimääräistä kävelyä per ajokerta (keskim. 1,5 hlöä/ajoneuvo).
- Vantaankosken varikko (asfaltoitu parkkialue ja varastoalue) Martinlaaksossa. Vettä laajalla alueella. Syvän veden alueella kulku mahdollista vain traktorilla tms.
- Toivonrinne (paikallistie) Koivurinteessä. Tie poikki Pitkäjärveen laskevan ojan kohdalla. Toivonrinteen päässä oleva asuntoalue oli motissa, ei kiertoteitä. Tietä käyttää arviolta noin 40 hlöä ja noin 25 autoa. Tie kokonaan poikki noin 2 vrk ja ajaminen hidasta 1 vrk. Ongelmakohta n. 100 m, kävelymatka keskim. 300 m tien ollessa poikki ja silloin noin 120 kävelykertaa/vrk.
- Raappavuorentie Kehä III:n alikulun kohdalla Martinlaaksossa. Tie veden alla torstaina 29.7.2004 (Ranta 2004). Ongelman kesto n. 1 vrk, kiertoteistä keskim. johtuva ylimäär. matka 2,0 km, arv. 9000 ajoneuvoa/vrk
- Martinkyläntie ja Riihikuja (paikalliskuja) Petikossa. Tiet veden alla torstaina 29.7.2004 päivällä, ei vaikeuksia sen jälkeen (Ranta 2004). Ongelman kesto n. 1 vrk, kiertoteistä keskim. johtuva ylimäär. matka.2,0 km, arv. 6000 ajoneuvoa/vrk
- Turvetie (paikallistie) Petaksessa, Vantaanpuistossa. Tulvavesi syövytti rumpun kohdalta tien poikki, sorapintaan syöpynyt ura. Tiellä noin 20 cm vettä. (Ranta 2004) Ongelman kesto n. 2 vrk, kiertoteistä keskim. johtuva ylimäär. matka 300 m, arv. 200 ajoneuvoa/vrk.
- Kankurintie (taajamatie) Itä-Hakkilassa. Tie veden alla. Vesi katkaisi tien Puolamäen risteyksessä, tiessä liian pieni rumpu. Vesi aiheutti vaurioita tiehen. Tie korjattu ja rumpu suurennettu. (Ranta 2004) Ongelman kesto n. 3 vrk, kiertoteistä keskim. johtuva ylimäär. matka 400 m, arv. 250 ajoneuvoa/vrk.
- Juoksutie (lyhyt paikalliskuja) Rajakylässä. Vettä tiellä, koska alueella ei ole svv-viemäriä, vain avo-oja (Ranta 2004). Ongelman kesto n. 4 vrk, kiertoteistä keskim. johtuva ylimäär. matka 200 m, arv. 150 ajoneuvoa/vrk.

Liite C: Tulvavahinkojen ennakoiminen, syntyminen ja korjaus rakennuksissa

Garvin S.L. & Kelly D.J., 2007. Flood repair standards for buildings. In: Advances in urban flood management. Taylor & Francis, London 2007, pp. 277-298.

Johdanto

Rakennusten tulvat ovat tulleet entistä tärkeämmäksi Euroopassa viime vuosina. Tämän on johtunut osittain ilmastonmuutoksesta, mutta myös siitä, että rakentaminen tulva-alueille on lisääntynyt, ja niiden riskit ovat kasvaneet, jos tulvan torjunta pettää. Kaupunkialueilla rankkasadetulvat ja viemäritulvat tulevat joki- ja meritulvien lisäksi.

Viime vuosina tutkimuksessa on tarkasteltu rakennusten korjausstandardia tulvan jälkeen sekä tarvetta joustavaan korjaukseen. Tämä perustuu ohjeisiin, jotka laadittiin 1990-luvun alkupuolella seurauksena erityisen voimakkaille tulvavaikutuksille. Viimeiset ohjeet eivät ainoastaan käsittele materiaalista korjausta, vaan kuvaa myös miten korjausstandardi perustuu edellisen tulvan vaikutusten asianmukaiseen käsittelyyn, kuivaus- ja puhdistustoimenpiteisiin, tulevan tulvariskin huomioonottamiseen ja korjausten suunnitteluun ja suoritukseen. Korjaukset ja standardit ovat suhteessa määritettyyn riskitasoon. Korjausstandardit eivät käsittele vain käytettyjä materiaaleja, vaan myös tulvasuojaustuotteiden käyttöä, ja tarvittaessa myös toimintojen ja tilojen uudelleen sijoittelua.

Jatkotutkimusta tarvitaan paremman sietokyvyn kehittämiseksi. Uusiin ja parannettuihin materiaaleihin kohdistettua tutkimusta yhdessä paremman tiedon kanssa koskien tulvasuojelutuotteiden käyttäytymistä tarvitaan myös. Lisäksi tulvankestävien korjausten rajoituksia ja mahdollisuuksia on tarkasteltava kansainvälisesti.

Tulvaan varautuminen

Vesi voi virrata rakennukseen seuraavia teitä:

- Virtaus suljettujen sisääntulojen kautta
- Virtaus rakojen ja alapohjan läpi
- Suotautuminen ulkoseinien läpi
- Suotautuminen perustan ja alapohjan läpi
- Virtaus ulkoseinää läpäisevien kaapeliyhteiden kautta

Tulvankestävyyden parantamiseksi tehtävät toimet voidaan jakaa märkä- ja kuivamenetelmiin.

Kiinteistöllä käytettäviksi tulvasuojelutuotteiksi esittää seuraavia: CIRIA 2001

- Tilapäiset esteet kuten ne, joilla suojataan veden virtaus sisään oven tai ikkunan läpi alle metrin vedenkorkeuteen asti
- Väliaikaiset, vapaasti seisovat esteet, jotka sijoitetaan rakennuksen ulkopuolelle, ja jotka pyrkivät suojaamaan koko rakennusta. Pumppausta voidaan käyttää padon läpi tai yli virtaavan tulvaveden poistamiseksi.

- Tarvikkeet, joilla voidaan tukkia ilmareikiä ja ilmarakoja.

Korjaukset

Tulvan kohteeksi joutuneessa rakennuksessa tehdään seuraavia toimenpiteitä (BRE 1991):

- puhdistus
- kuivaus
- seinien, puisten, metallisten ym. rakennusosien vahinkojen arviointi
- korjausmenetelmien arviointi

Kuivaus saattaa kestää jopa kuukausia, sillä seinämateriaalit, mm. tiili, imevät varsin suuria määriä vettä, ja vahingot puumateriaaleille ja laastille voivat olla merkittävät. Vahinkoarviointi tulisi antaa asiantuntijoiden tehtäväksi.

Eri materiaaleilla havaittuja vahinkoja:

- Tiili ja betoni - ei vakavia seurauksia, mutta eristyskyky heikkenee kosteana. Kevytharkkoseinä paisuu kostuessaan ja kutistuu kuivuessaan, jolloin syntyy halkeiluriski. Kuivuminen kestää kauan, mikä vaikuttaa korjaustoimenpiteisiin.
- Puu - paisuu ja saattaa kieroutua kostuessaan; jopa paisumisen palautuessa vauriot voivat olla merkittäviä. Kantavan puurakenteen kostuneet osat voivat vahingoittaa muita rakenteen osia.
- Seinäpinnoitteet - kipsilaasti voi pehmetä, mutta palautuu lähes alkutilan kuivuessaan. Kipsilevy saattaa pehmetä kosteana, ja voi halkeilla muuttuen käyttökelvottomaksi. Sementti- ja kalkkitasoitteet eivät muuttune.
- Metallit - voivat saada korroosiovaurioita merivesitulvalla. Ruostumatonta terästä tulisi käyttää kohteeksi joutuvissa osissa, ml. seinäsiteet, naulat ja kiinnityshelat.
- Eristeet - lattia- ja seinäeristeet voivat kostua riippuen tuotetyypistä ja sijainnista seinässä ja lattiassa.

Tulvan jälkeen tapahtuvaan toimintaan kuuluu (BRE 1997):

- välittömät toimet tulvan jälkeen (puhdistus, kuivaus)
- pohjakerroksen lattioiden ja kellarien korjaus
- Teknisten laitteiden, toissijaisten osien, pinnoitteiden ja laitteiden korjaukset

Tulvan jälkeiset toimenpiteet

Turvallisuussyistä tilojen puhdistaminen ja kuivaus olisi tehtävä mahdollisimman pian tulvan väistyttyä ja ennen korjausten aloittamista. Myös materiaalien kostuminen on voimakkaampaa pitempiäaikaisella altistuksella.

Tulvavahinkotarkastus tulisi tehdä välittömästi siivouksen ja kuivauksen jälkeen aloittaen kohteista, missä kostuminen on ollut voimakkainta, ja missä korrosio tai homehtuminen on todennäköisintä.

Seuraavat tehtävät kuvaavat toimenpiteitä:

- arvioi rakenteelliset vauriot
- arvioi painumavauriot
- arvioi seinän pintamateriaalien kunto (sisällä ja ulkona)
- arvioi materiaalivauriot
- Arvioi seinän sisäosien kunto

- arvioi tahriintuminen
- mittaa kosteustila
- arvioi korroosio
- arvioi tuuletuksen tukkeutuminen

Riskien arviointi

Riskitaso määrää korjaustavan.

Riskiluokitus

- ei riskiä tai vähäinen riski
- alhainen-keskinkertainen riski
 - edellinen tulva nousi lattiataason yläpuolelle
 - kesto oli alle 12 tuntia
- suuri riski
 - Edellinen tulva nousi lattialle
 - tulvan kesto oli yli 12 tuntia
 - merkittävä työ oli tarpeen rakennuksen kuivattamiseksi ja puhdistamiseksi

Korjausstandardi

- Taso A: ei riskiä tai vähäinen riski: tulevan tulvan riski on vähäinen. Korjaus tehdään alkuperäiseen tasoon, ja vähäiset parannukset voivat olla tarpeen tulvakestävyuden parantamiseksi.
- Taso B: Arvion mukaan tulevan tulvan todennäköisyys on alhainen-keskinkertainen ts. se on riittävän korkea, jotta kiinteistön tulvakestävyyttä olisi parannettava edeltävään tasoon verrattuna.
- Taso C: Riskiarvion mukaan tulevan tulvan riski on korkea. Suositellaan kiinteistön tulvakestävyuden merkittävää parantamista. Toimenpiteet voivat olla joko rakennuksen kuivasuojausta ja/tai märkäsuojausta

Tulvansietokyvyn (flood resilience) parantaminen tarkoittaa materiaalien tulvasta toipumiskyvyn parantamista.

Tulvakestävyuden (flood resistance) parantaminen: Sisältää sellaisten rakennusmateriaalien, komponenttien ja osien käytön, jotka eivät vahingoitu tai muutu tulvaveden vaikutuksesta

Korjattaessa vahingoittumatonta rakennusta, joka on arvioitu tulvariskin alaiseksi, olisi käytettävä korjaustasoa B tai C.

Jos rakennuksen tulvakestävyyttä on parannettava kuivamenetelmällä tai märkämenetelmällä, tarkoitetaan seuraavaa:

- kuivasuojaus tarkoittaa tulasuojauksen käyttöä veden virtauksen estämiseksi rakennukseen seinien, lattioiden, ikkunoiden, rakojen tuuletusaukkojen ja muiden aukkojen kautta näin estäen rakennuksen sisäosien vettä ja vahingoittuminen. Kuivasuojausta voidaan käyttää, kun tulvaveden syvyys on enintään metri, eikä sitä tulisi käyttää korkeammilla tulvilla, sillä lisääntyvä veden paine voi vahingoittaa rakennusta. Tällöin veden olisi annettava virrata sisään. Kuivasuojaus saattaa edellyttää myös tiiliseinän saumojen korjausta ja lattiataason nostoa tulvatason yläpuolelle.

- Kosteasuojaus perustuu siihen, että veden sallitaan rajoitetusti virrata rakennukseen. Tällöin rakennus tulisi tehdä tai korjata niin, että vahinko on vähäinen tulvan sattuessa. Ratkaisun tulisi helpottaa ja nopeuttaa rakennuksen kunnostusta tulvan jälkeen. Tähän kategoriaan kuuluu joukko toimenpiteitä ml. tulvaa sietävien ti kestävien rakennusmateriaalien käyttö ja sähköjohdotuksen nostaminen tulvatason yläpuolelle.
- Usein kuiva- ja märkämenetelmien yhdistelmä on tehokkain menettely, kun tulvariski on suuri.