

Tulvariskien euromääräisten vahinkojen ja niiden hallinnan hyötyjen arviointi

Jari Silander ja Antti Parjanne



Alkusanat

Raportissa on esitetty uusi menetelmä, jolla voidaan arvioida tulvariskin euromääräinen suuruus yhtenevästi eri puolilla Suomea. Menetelmällä voi ottaa huomioon myös alueelliset erot. Excel - pohjaisella vahinkoarviointityökalulla voi ottaa huomioon rakennusvahinkojen lisäksi esimerkiksi irtaimiston ja pelastustoimen kustannukset.

Vahinkoarviot perustuvat tunnuslukutaulukoihin, jotka on laskettu tulvakarttojen ja paikkatietaineiston pohjalta (Sane ja Parjanne 2012). Menetelmä perustuu kansainvälisesti yleisesti käytettyihin menetelmiin ja sitä on testattu Kittilässä (Parjanne & Silander 2012).

Menetelmä soveltuu tulvakartoitettujen alueiden vahinkoarvioiden tekemiseen ja sen avulla voidaan arvioida tulvariskien hallinnan toimenpiteellä mahdollisesti saavutettavia kustannushyötyjä vertaamalla nykyistä tai tulevaa vedenkorkeustasoa (tulvan toistuvuutta) toimenpiteellä mahdollisesti saavutettavaan tasoon. Vahinkoarvioita voidaan hyödyntää myös tulvariskien hallinnan toimenpiteiden ja niiden vaikutusten monitavoitearvioinnissa. Vahinkoarviot voidaan helposti päivittää käyttäen Tilastokeskuksen ylläpitämää rakennuskustannusindeksiä, joten tulvariskin seuranta onnistuu helposti.

Vahinkoarvion tarkkuus on yleensä sitä tarkempi mitä suurempi tulvariskialue on. Esimerkiksi rakennusvahinkojen arvioinnissa käytettävän rakennus- ja huoneistorekisterin virheet voivat vaikuttaa oleellisesti vahinkoarvioihin pienillä vahinkoalueilla, virhe voi olla yli 20 %. Epävarmuuksien suuruutta kannattaa arvioida muuttamalla lähtöarvoja. Vahinkoarvio ei ota huomioon epäsuoria vahinkoja kuten esimerkiksi ympäristön pilaantumista, mikä voi lisätä vahinkoja.

Menetelmää on tarkoitus kehittää edelleen ja uudelleen arvioida säännöllisesti. Nyt esitetty menetelmä ei ota huomioon esimerkiksi ympäristön pilaantumisriskiä tai kulttuurihistoriallisesti arvokkaiden rakennusten arvoa tai tarjoa apua näiden vahinkojen arviointiin.

Menetelmä on kehitetty vesistötulvien aiheuttamien vahinkojen arviointiin, mutta sitä voidaan hyödyntää myös meritulville. Jääpatotulvista ja hulevesitulvista syntyvät vahingot sen sijaan ovat vaikeampia mallintaa ja arvottaa. Menetelmän soveltuvuutta muiden kuin rakenteellisten tulvasuojeluhyötyjen arviointiin tulisi vielä kehittää. Menetelmää kehitetään edelleen, joten kaikki uudet tutkimustulokset on tarkoitus ottaa huomioon, kun menetelmää kehitetään.

Kannen kuva: Kimojoki, 2004. Unto Tapio

Päivitykset

2.6.7.2013 laskennassa on käytetty 1 ft ~0,3 m, käyräsovitukset arvolle 1 ft = 0,3048 m lisätty tiedostoon. 2.

Sisältö

1	Määritelmät	4
2	Taustaa.....	5
2.1	Käytössä oleva aineisto ja lähtötiedot	6
2.2	Vahinkoarviointimenetelmän tekninen toteutus.....	7
2.3	Aikaisemmin laadittuja tutkimuksia ja selvityksiä.....	8
3	Arvioinnin kohteet.....	12
3.1	Menetelmällä arvioitavat vahingot.....	12
3.2	Menetelmän soveltamiskohteet.....	12
4	Arviointimenetelmät.....	14
4.1	Rakennusvahinkojen arviointi.....	14
4.1.1	Rakennevahingot.....	14
4.1.2	Irtaimistovahingot	20
4.1.3	Puhdistuskulut.....	22
4.2	Liikennevahinkojen arviointi.....	22
4.2.1	Lisämatkasta ja –kustannuksista aiheutuva vahinko	23
4.2.2	Liikenneinfrastruktuurille aiheutuva vahinko	24
4.2.3	Tietojen tarkkuudesta.....	25
4.3	Pelastustoimen kustannusten arviointi	26
4.4	Ajoneuvoille aiheutuvat vahingot.....	28
4.5	Liikevoiton ja palveluiden menetyksen arviointi.....	28
4.6	Veden- ja energianjakelun toimintakatkoista aiheutuvat menetykset	29
4.7	Maa- ja metsätalousvahingot	29
4.8	Muut vahingot.....	30
5	Arvioihin liittyvät epävarmuudet ja niiden merkitys.....	30
6	Vahinkoarvioista hyötyjen arviointiin.....	32
7	Lähdeluettelo.....	34
8	Kuvailulehti.....	38

1 MÄÄRITELMÄT

Suora ja epäsuora tulvavahinko

Suorat vahingot aiheutuvat ihmisten, omaisuuden ja ympäristön välittömästä kosketuksesta tulvaveden kanssa. Epäsuoriksi tulvavahingoiksi luetaan puolestaan ne kustannukset, jotka aiheutuvat vaikkapa taloudellisen toiminnan keskeytymisestä, liikenteen häiriöistä ja pelastustoiminnasta. Lisäksi tulvavahingot voidaan jakaa aineellisiin ja aineettomiin. Aineelliset vahingot voidaan arvioida euromääräisesti.

Vahinkofunktio

Tapahtuneista tai mallinnetuista tulvavahingoista muodostettu funktio, jolla voidaan esittää potentiaaliselle vahinkokohteelle ennustettu euromääräinen vahinko esimerkiksi tulvaveden syvyyden tai tulvan keston funktiona. Vahinkoja voidaan ennustaa interpoloimalla ja ekstrapoloimalla vahinkofunktion kuvaajaa. Vahinkofunktioilla voidaan kuvata joko absoluuttisia vahinkoja tai vahinkofunktiot voidaan laatia suhteellisiksi, jolloin vahinkojen arvo ilmaistaan prosentteina rakennuksen kokonaisarvosta.

Rakennus- ja huoneistorekisteri (RHR)

Väestörekisterikeskuksen ylläpitämän väestötietojärjestelmän rakennus- ja huoneistotiedot paikkatietoaineisto sisältää Suomen kaikki rakennukset ominaisuustietoineen. Aineisto sisältää tiedot n. 3 miljoonasta rakennuksesta ja niiden omistajista, asuinhuoneistoista, toimitiloista sekä väestöstä huoneistoittain ja rakennuksittain. Tiedot saadaan kuntien rakennusvalvontaviranomaisilta. Tietojen kattavuus ja paikkansapitävyys vaihtelee kunnittain.

Rakennuksen uudishinta

Rakennuksen uudishinnalla tarkoitetaan sitä rahamäärää, joka tarkasteluhetkellä tarvitaan uuden samankokoisen, samaan käyttötarkoitukseen tarkoitettujen ja tilaominaisuuksiltaan alkuperäistä vastaavan rakennuksen rakentamiseen. Uudishinnalla ei ole yhteyttä rakennukselle mahdollisesti määritellyyn kauppai- tai markkina-arvoon. Rakennuksen uudishintaan luetaan kaikki tavanomaiset rakennuksen rakennuttamisesta, suunnittelusta ja rakentamisesta aiheutuvat rakennuskustannukset tonttialueen rajaan tai kunnallistekniikan osalta kunnalliseen verkostoon liittymiseen saakka. Uudishintaan ei lueta esimerkiksi tontin hankintahintaa eikä irtaimiston hankintahintaa.

Rakennuksen nykyhintaa

Nykyhinnalla tarkoitetaan sitä rahamäärää, joka saadaan, kun uudishinnasta vähennetään rakennuksen iän, käytön, kulumisen, käyttökelvottomuuden alenemisen ja vanhanaikaisuuden johdosta tapahtunut hinnan alentuminen. Nykyhintaan vaikuttavat myös rakennuksen hoito ja kunto sekä suoritettavat korjaukset.

Rakennuskustannusindeksi

Rakennuskustannusindeksi kuvaa keskeisiltä rakenneominaisuuksiltaan samankaltaisten rakennustöiden ja rakennusten rakennuskustannusten suhteellista muutosta rakentamisessa käytettyjen peruspanosten hintakehityksen avulla. Indeksillä on määritetty lähes 1900-luvun alusta asti ja indeksisarjoja on useita.

Kerrosala

Kerrosala rakennusoikeudellisena käsitteenä on rakennuksen kerrosten yhteenlaskettu pinta-ala. Kerrosalaan lasketaan yleensä kunkin kerroksen pinta-ala aina ulkoseinien ulkopintaan asti. Kerroksella tarkoitetaan sellaista kerrosta, joka on kokonaan tai pääasiassa maanpinnan yläpuolella,

ja jonne saa sijoittaa asuinhuoneen. Suurimmassa osassa rakennuksista kerrosala on sama kaikissa kerroksissa.

Nettoala ja huoneala

Nettoalalla tarkoitetaan kaikkien rakennukseen tai rakennuksen osaan kuuluvien tilojen huonealojen summaa. Huonealan rajoina ovat huonetta ympäröivien seinien sisäpinnat tai niiden ajateltu jatke. Huoneala määritellään kaikille rakennuksen tiloille niiden käyttötarkoituksesta ja sijainnista riippumatta.

Bruttoala

Bruttoala kuvaa rakennuksen tai rakennuksen osan laajuutta. Karkeasti voidaan sanoa, että bruttoalaan luetaan nettoalan lisäksi ulkoseinien, sisäseinien, hormien ja hormiryhmien sekä vähäisten aukkojen ja kuilujen vaakasuora ala. Bruttoala vastaa siten melko hyvin kerrosalaa.

2 TAUSTAA

Tulvien aiheuttamia vahinkoja voidaan arvioida joko tutkimalla vahinkokohteille jo aiheutuneita vahinkoja tai käyttämällä apuna vahinkomalleja eli vahinkofunktioita. Suomessa on dokumentoitu vain muutama tulva ja vahinkokohteita on ollut niin vähän, että emme ole voineet kehittää omia, riittävän tarkkoja, vahinkofunktioita. Valtiolta haettujen tulvakorvausten kokonaismäärä on ollut myös pieni ja kohteiden sijaintitiedot osin epätarkkoja, mikä on vaikeuttanut menetelmän kehittämistä.

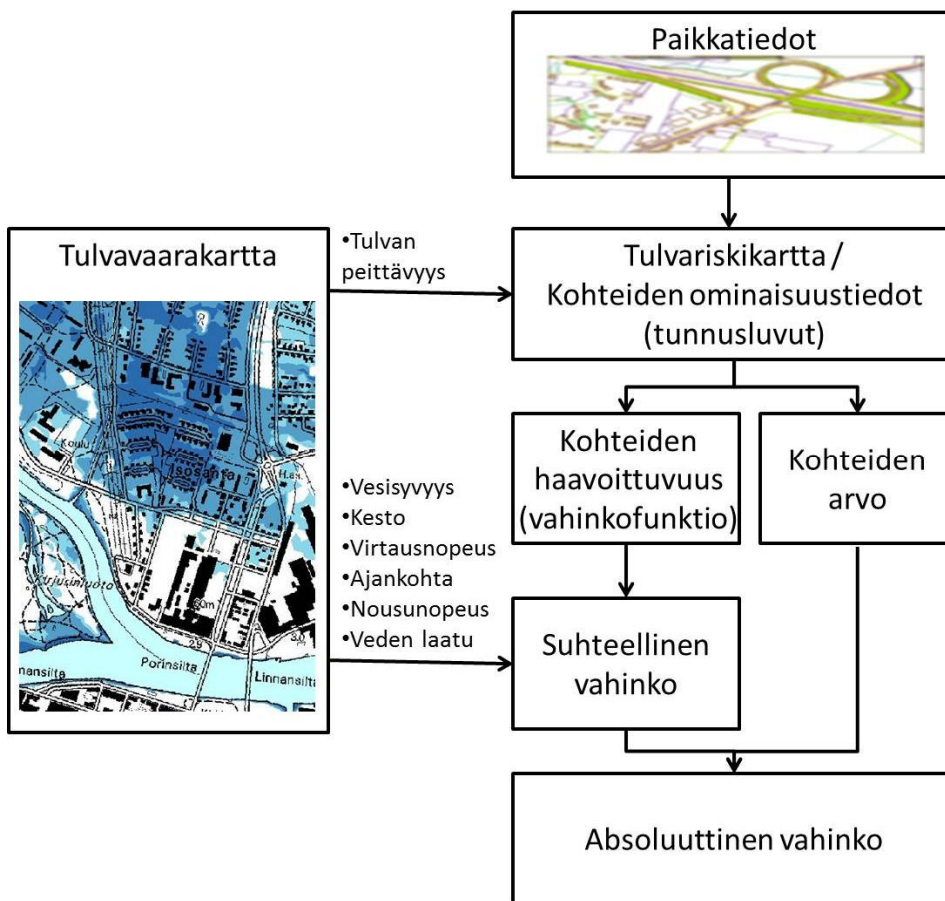
Tulvavaarakartoituksessa käytettävien korkeusmallien tarkentuminen parin viime vuoden aikana laserkeilausaineistojen myötä on mahdollistanut yksityiskohtaisempien vahinkoarvioiden laadinnan. Esimerkiksi rakennuksen käyttötarkoitus- ja asukasmäärätiedot sisältävän rakennus- ja huoneistorekisterin (RHR) ja tarkkojen tulvamallinnusten päällekkäisanalyyysien avulla voidaan selvittää, mitkä rakennukset joutuvat suoraan kosketukseen tulvaveden kanssa ja mikä vesisyvyys kunkin rakennuksen kohdalla olisi tietyssä tulvatilanteessa.

Suomessa on tehty tutkimusta, jota on hyödynnetty tämän menetelmän arvioinnissa Kittilän pilotissa (Sane ja Parjanne 2012). Oleellista on havaita, että tulvariski kasvaa merkittävästi kansantalouden kasvaessa ja muuttuu ilmaston muuttuessa (Perrels, Silander ym. 2010). Valtion taloudellisen tutkimuskeskuksen raportissa (Perrels ym. 2010) on esitetty liiketoiminnan keskeytymisestä aiheutuneita vahinkoja. On kuitenkin syytä ottaa huomioon, että paikallisen liiketoiminnan keskeytymisestä aiheutuvien vahinkojen ”liiketoimintariskin” vahinkojen arvioinnista ei ole Suomessa sovittu yhtenäistä käytäntöä.

Perrels ym (2010) käyttävät tarkasteluissa kansantaloudellista näkökulmaa eivätkä yksityistaloudellista. Tulvariskien ja -vahinkojen arvioinnin kannalta erottelu on tärkeää, sillä kansantaloudellisessa arviointitavassa ja kannattavuuslaskelmissa käytetään ns. varjohintoja, joista on karsittu pois valtion sisäiset tulonsiirtovaikutukset, esimerkiksi erilaiset verot ja tuet. Esimerkiksi Englannissa liiketoiminnan keskeytyminen otetaan huomioon vain jos tuotantoa ei voida korvata muualla kotimaassa. Esimerkiksi paikallisen ruokakaupan tavarat voi aina ostaa toisesta ruokakaupasta, mutta vientituotteiden osalta tilanne voi olla toinen, elleivät ne ole tuotettavissa muualla kotimaassa.

2.1 Käytössä oleva aineisto ja lähtötiedot

Tulvavaarakarttoja on laadittu toistuvuuksille 1/20a, 1/50a, 1/100a, 1/250a ja 1/1000 yhteensä 81 alueelta Suomesta. Kaikilta alueilta ei ole kuitenkaan saatavissa kaikkien eri toistuvuuksien karttoja. Tulvavaarakarttoja on laadittu lähinnä vesistötulville (joesta tai järvestä nousevat tulvat). Lisäksi saatavilla on joitakin jäistä aiheutuvien tulvien ja merenpinnan noususta aiheutuvien tulvien tulvakarttoja. Osassa kartoissa on huomioitu myös ilmastonmuutoksen vaikutus. Toistuvuus on määritetty yleensä tilastollisin menetelmin jokikohteessa virtaaman perusteella ja järvikohteessa vedenkorkeuden perusteella. Tulvariskikarttoja ei ole vielä tuotannossa, mutta niissä hyödynnettävää riskipotentiaalia (esim. henkilömäärä, tärkeät toiminnot, vaikeasti evakuoitavat rakennukset) kuvaavaa paikkatietoaineistoa voidaan hyödyntää. Tulvariskien kartoittamista on selvittänyt myös Alho ym. (2008).



Kuva 1. Tulvavahinkoarvioinnin lähtötiedot ja prosessi.

Tulvavaarakartoitetuille alueille eri toistuvuuksille on laskettu paikkatietoaineistojen (Alho ym. 2008, luku 5) avulla kohdekohtaisia alueen riskipotentiaalia kuvaavia tunnuslukuja tulvariskien alustavan arvioinnin ja alueiden merkittävyyden arvioinnin tueksi tätä varten kehitetyllä tunnuslukulaskurilla.

- tulvakartoitetuille alueille eri toistuvuuksilla lasketut tunnusluvut (Excelissä välilehti tunnusluvut): <\\kkg43\gispro\projekti\Tulva\Tulvariski\tilastot\tunnusluvut>

- tulvariskien alustavassa arvioinnissa merkittäville tulvariskialueille lasketut tunnusluvut (Excelissä välilehti tunnusluvut): <\\kkg43\gispro\projekti\Tulva\Turina\tunnuslukuja>

Tunnuslukuja on laskettu tulvariskien alustavan arvioinnin yhteydessä myös muille ELY-keskusten rajaamille alueille. Karkeiden tunnuslukujen ja edelleen vahinkoarvioiden laskeminen on mahdollista myös mille tahansa rajatulle alueelle käyttäen hyväksi uomamallinnukseen ja korkeusmalliin perustuvaa alavat alueet –aineistoa. Aineisto on valmis lähes kaikilta vesistöalueilta. Sen korkeus- eli vesisyvyystarkkuus ei kuitenkaan ole yhtä tarkka kuin tulvavaarakartoissa.

Tapahtuneista tai mallinnetuista tulvavahingoista voidaan muodostaa tulvavahinkofunktioita. Funktioilla voidaan esittää kohteelle ennustettu euromääräinen vahinko esimerkiksi tulvaveden syvyyden funktiona. Vahinkoja voidaan ennustaa interpoloimalla ja ekstrapoloimalla vahinkofunktion kuvaajaa tunnetun vedenkorkeuden perusteella. Vahinkojen suhde tulvan kestoon voidaan ottaa huomioon karkealla tavalla. Sen sijaan tulvan nousunopeuden, virtausnopeuden ja veden laadun merkitystä vahinkojen suuruuteen on vaikeaa mallintaa nykyisten tulvavaarakarttojen tietojen perusteella. Veden syvyyteen ja virtausnopeuteen perustuvia vahinkoparametreja (m^2/s) on käytetty Suomessa ainoastaan joidenkin patojen vahingonvaaraselvityksissä (esim. Michelson/ Patu 2005, Reiter).

Taulukko 1. Tulvavahingon suuruuteen vaikuttavia tulvan parametreja (Messner & Meyer, 2005)

tulvan peittävyys	tulva-alueen laajuus määritellään pinta-alan avulla
vesisyvyys	suurilla vesisyvyyksillä vahingot ovat suurempia
kesto	vaikuttaa erityisesti rakennuksiin
virtausnopeus	suuret virtausnopeudet lisäävät henkilöriskiä ja sortumavaaraa
tulvaveden nousunopeus	äkillinen tulviminen vaikeuttaa evakuointia ja varautumista
suolaisuus	merivesi voi aiheuttaa suurempia vahinkoja
ajankohta	vaikutus maatalousvahinkoihin ja jääpatojen muodostumiseen
saastuneisuus	saastunut tulvavesi voi aiheuttaa terveys- ja ympäristövahinkoja

Vahinkofunktioilla voidaan kuvata joko absoluuttisia, kuten euromääräisiä, vahinkoja tai vahinkofunktiot voidaan laatia suhteellisiksi, jolloin vahinkojen arvo ilmaistaan prosentteina yleensä rakennuksen uudishinnasta. Suhteellinen funktio on yksinkertainen ja sovellettavissa erilaisiin olosuhteisiin. Sitä käytetään useissa Euroopan maissa ja sitä on myös käytetty nyt kehitetyssä menetelmässä.

Tunnuslukuihin, esim. kerrosalaan, voidaan liittää esimerkiksi vahinkofunktiot. Tunnuslukutaulukoissa vesisyvytydet on jaettu tulvavaarakarttojen tapaan viiteen eri luokkaan: 0-0,5m; 0,5-1,0m; 1-2m; 2-3m; yli 3m. Vahinkofunktioiden avulla saadaan vahinkoarvio, joka on sitä tarkempi mitä useampaan vesisyvyysluokkaan tarkasteltavat kohteet jaetaan. Kittilän pilotin perusteella vesisyvyysluokkia kannattaisi lisätä.

2.2 Vahinkoarviointimenetelmän tekninen toteutus

Vahinkojen arviointia varten eri alueille laskettuihin tunnuslukutiedostoihin (Excel) lisättiin vahingot –välilehti. Vahingot välilehdelle haetaan tunnusluvuista tarpeelliset tiedot ja yhdistetään ne välilehdellä olevien vahinkofunktioitietojen sekä kustannustietojen kanssa. Menetelmä on pyritty toteuttamaan siten, että eri alueiden tarkastelu ja lähtöarvojen muuttaminen tarkastelualueen

ominaispiirteiden mukaan olisi mahdollisimman helppoa eikä vaatisi muuten suuren ja monimutkaisen tiedostorakenteen tarkempaa tuntemusta.

Valtakunnallisesti käytetyt oletukset / vakiot on kerätty yhdeksi kokonaisuudeksi välilehden yläreunaan (taulukko 2) yhdessä lyhyiden ohjetekstien ja viitteiden kanssa. Osa oletuksista on epävarmoja. Epävarmuuksien merkintään on käytetty värikoodausta (punainen = huono, oranssi = välttävä). Tarkastelualueesta ja halutusta arvion tarkkuudesta riippuen näiden arvojen muuttaminen voi tulla kyseeseen. Muita arvoja välilehdellä ei ole tarpeen muuttaa. Muutoksen jälkeen vahinkoarvioiden pitäisi päivittyä automaattisesti. Erilaisia mahdollisia oletusarvoja ja niiden kombinaatioita kokeilemalla saa myös hyvän käsityksen arvioissa esiintyvien epävarmuuksien suuruusluokasta.

Taulukko 2. Valtakunnallisessa laskennassa käytettävät vakiot tai oletukset.

VAKIOT - LASKENTAAN	ARVO
TARKASTELUALUEEN / TULVAVAARAKARTAN NUMERO (KohdeNro)	>0
Indeksialue (Muu suomi 5, Kehyskunnat 3 ja pääkaupunkiseutu 1)	5
Rakennusten keskimääräinen ikä (x) vuosina	0
Perusvuosi	2010
Rakennuskustannusindeksi tarkasteluvuonna	100
Indeksikorjaus Haahtela 01/2011 -> RK2010	0,9452
Alv (%)	23 %
Alv, myymälä ja varastorakennukset ja vastaavat, kirjastot ym. (%)	0 %
Tulvan arvioitu kesto (vrk)	7
kellarillisia taloja (%)	0 %
kellarin hinta (€/kpl)	10 000
Rakennusten perustamistason(lattian) korkeus maanpinnasta (m)	0,30
Puhdistuskulujen osuus neliöhinnasta 1 m vesisyvytydellä (%)	8 %
Irtaimiston osuus: kauppa ja muut rakennukset, osuus neliöhinnasta 0 m vesisyvytydellä(%)	20 %
Kilometrikorvaus (€/km)	0,45
Katkenneiden tie- ja rautatieyhteyksien määrä per 1km tulvan peittämää tietä	4,0
Katkenneesta tieyhteydestä aiheutuva lisämatka ka. (km)	2,0
Pelastustoimen osuus kokonaisrakennusvahingoista (%) taajamassa	5 %
Tilapäismajoituksen yksikköhinta (€/hlö/vrk)	20
Ennakkovaroituksen vaikutus (% ehtii siirtää auton)	50 %
Autotiheys (ajoneuvoa/hlö)	0,636
Auton hinta (€)	5000
"Syvyys puuttuu" alueet huomioitu vahinkolaskeennassa	ei
Tulvasuojellut alueet huomioitu vahinkolaskeennassa	ei

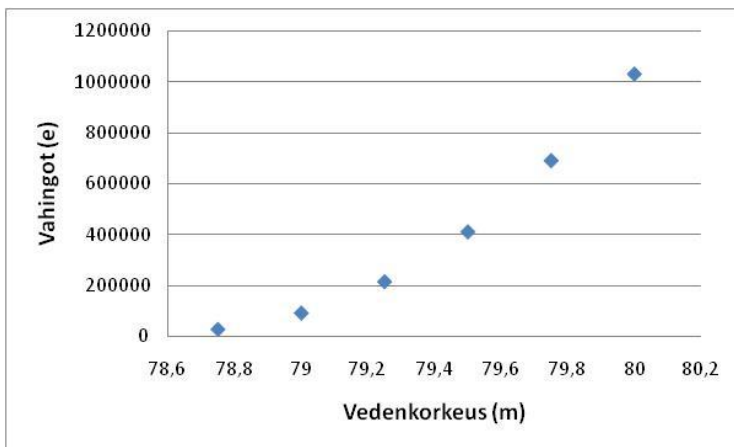
2.3 Aikaisemmin laadittuja tutkimuksia ja selvityksiä

Mittakokka (1989) tutki Päijänteen alueella kesällä 1987 yli 1000 rakennusta. Vahingot arvioitiin mk/m², julkaisussa esitetty neliöhinnat. Tuloksena on esitetty vahinkoaste eri vesisyvyyksillä sekä vahingot eri vesisyvyyksillä. Taulukossa 3 on esitetty vahingot kevyille rakennuksille Päijänteellä,

kun tulvanaikainen vedenkorkeus on tasolla NN +80,00 m. Kuvassa 2 on esitetty tulokset eri vedenkorkeuksille.

Taulukko 3. Mittakokka (1989) vahingot kevyille rakennuksille Päijänteellä, oletus 1mk = 1 e, tulvatilanteessa, jossa vesi on tasolla 80 (NN+m.)

Vesisyvyys (m)	Pinta-ala (P) m ²	Vahinko (V) (e/m ²)	Vahingot (P*V) euroa
1,25	1100	156	171600
1	1400	130	182000
0,75	2300	104	239200
0,5	2700	78	210600
	3500	52	182000
0	1900	26	49400
		Yhteensä	1034800



Kuva 2. Päijänteen tulvavahingot eri tulvavedenkorkeuksilla (1989, oletus 1 mk = 1 e)

Suurtulvaselvityksessä (Ollila et al., 2000) arvioitiin mahdollisen suurtulvan aiheuttamia vahinkoja Suomessa. Arviointi toteutettiin alueellisissa ympäristökeskuksissa käyttäen arviointiperusteena keskimäärin kerran noin 250 vuodessa toistuvaa vesistötulvaa.

Kokonaisvahingot Suomessa arvioitiin selvityksessä yhteensä 3272 miljoonan markan suuruisiksi (vastaa 639 milj. € vuoden 2011 hintatasossa). Kokonaisvahingot koostuvat pääasiassa rakennusvahingoista (52 %), teollisuuden tuotannollisista ja aineellisista vahingoista (yhteensä 20 %) sekä maatalousvahingoista (17 %). Vahinkoarviot ovat kattaneet yhteensä noin 200 000 hehtaarin alueen ja kohdistuneet noin 30 000 rakennukseen ja noin 800 siltaan. Selvityksessä on esitetty myös pahimpien yksittäisten vahinkokohteiden kokonaisvahinkoarviot. Suurimmiksi on arvioitu (vuoden 2011 hintatasoon muutettuna) Lappeenranta-Imatra n. 77 MILJ. €, Pori 56 MILJ. € sekä Kyrönjoki 47 MILJ. €

Useilta suurtulvaselvityksessä tunnistetuilta alueilta on selvityksen jälkeen laadittu tulvavaarakartta, joten alueiden vahinkoarviot voidaan laskea myös euromääräisten tulvasuojeluhyötyjen työkalun sekä paikkatietoaineiston avulla. Alustavien laskelmien perusteella menetelmä antaa suurempia vahinkoarvioita kuin mitä suurtulvaselvityksessä on esitetty. Voidaan myös todeta, että raportin julkaisun jälkeen, eri julkaisuissa esitetyt vahinkoarviot ovat olleet 100 – 350 Me (Silander 2010).

Näin ollen voidaan todeta, että suurtulvaselvityksen vahinkoarvio vahingoista on ollut liian alhainen, mikä osin kuvastaa vahinkolaskennan ohjeistamisen ja yhtenäistämisen tarpeellisuutta.

Gissing & Blong (2004) vertasivat keskiarvo- eli standardirakennusmenetelmän ja absoluuttisen vesisyvyys- vahinkofunktion toimivuutta liiketoiminnan tulvavahinkojen ennustamiseen. Tiedot kaakkois- australialaisessa Kempseyn kaupungissa vuonna 2001 tapahtuneen tulvan aiheuttamista suorista, taloudellisista vahingoista kerättiin kyselylomakkeiden avulla kolmessa eri osatutkimuksessa. Liiketoiminnan suorista, taloudellisista vahingoista vain 15 % oli rakennusvahinkoja ja loput 85 % irtaimistovahinkoja.

Ulkomaisessa kirjallisuudessa Penning-Rowse ym. (2005) ovat eritelleet rakennukset niiden tyyppin ja iän perusteella ja joskus sijainnin perusteella. Vahinkoarviossa on esitetty rakennus- ja irtaimistovahingot sekä pihan että puutarhan vaurioitumisesta aiheutuneet kustannukset. Lisäksi on otettu huomioon infrastruktuurille aiheutuneet vahingot sekä tilapäismajoituksen kustannukset. Opas on laadittu Britannian tulvariskien arviointiin, mutta menetelmät ovat kansainvälisesti hyödynnettäviä. (MCM 2010). Oppaat ovat erittäin yksityiskohtaisia, joten tässä on mainittu vain osa huomioon otetuista asioista ja niihin viitataan raportissa ”MCM 2010” tai ”MCM” nimillä.

Messner ym. (2006) ovat luokitelleet tulvavahingot suoriin ja epäsuoriin sekä aineellisiin ja aineettomiin vahinkoihin (taulukko 4). Suorat vahingot aiheutuvat ihmisten, omaisuuden ja ympäristön välittömästä kosketuksesta tulvaveden kanssa. Epäsuoriksi tulvavahingoiksi luetaan puolestaan ne kustannukset, jotka aiheutuvat vaikkapa taloudellisen toiminnan ja liikenteen häiriöistä ja pelastustoiminnasta. Aineellisten vahinkojen suuruus voidaan helposti ilmaista rahassa.

Taulukko 4. Aineelliset, aineettomat, suorat ja epäsuorat tulvavahingot. (Messner ym. 2006)

	Aineellinen	Aineeton
Suora	rakennukset irtaimisto infrastruktuuri	ihmishengen menetys vaikutukset terveyteen
Epäsuora	tuotannon keskeytys pelastustoimen kustannukset liikennehäiriöt	tulvan jälkeiset seuraukset pelastettujen haavoittuvuus

Koskinen (2006) arvioi Porin asutuksen ja yhdyskunnan tulvavahinkoja eri tulvatilanteissa. Hän hyödynsi laadittuja tulvakarttoja sekä rakennus- ja huoneistorekisteriä. Vahinkoarviot hän esitti 8 eri rakennustyyppille ja vesisyvyysluokille 0-0,5m; 0,5-1,5m ja yli 1,5m. Teollisuuden vahingot arvioitiin kyselyn perusteella, jossa mukana oli 10 laitosta. Vahinkoina otettiin huomioon tuotannon menetykset sekä tuotteiden pilaantuminen. Maatalouden tulvavahingot arvioitiin paikkatietoaineiston perusteella käyttäen kiinteätä vahinkohintaa euroa per hehtaari.

Linjama (2006) pyrki kehittämään menetelmää, jonka avulla voidaan vertailla tulvasuojeluvaihtoehtojen keskinäistä edullisuutta. Tutkimuksessa käytetty menetelmä perustuu tulvasuojelutoimista aiheutuvien tulvavedenkorkeuden muutosten painottamiseen tulvariskin alueellisella jakautumisella ja erityyppisten tulvatilanteiden aiheuttamilla riskeillä.

Reiter (2006) on käyttänyt omaisuusvahinkojen jakamista 12 vahinkoryhmään:

- 1) Asuin- ja liikerakennukset
- 2) Julkiset rakennukset

- 3) Sillat
- 4) Puhelinverkosto
- 5) Sähköverkosto
- 6) Veden jakelu, putkistot ja viemärit, jätevedenpuhdistamot
- 7) Katu- ja tieverkosto
- 8) Rautatie ja liikenne
- 9) Maatalous ja vesistökuulumukset
- 10) Liikkeiden varastojen ja irtaimiston vahingot
- 11) Pelastustoiminnan kulut
- 12) Ennalta arvaamattomat kustannukset

Haapalan ja Rantakokon (2008) työn tavoitteena oli selvittää Lohjanjärven rannoilla tulvariskialueilla sijaitsevat rakennukset ja rakenteet, joille voi aiheutua vahinkoa tulvatilanteessa. Selvitys sisältää asuin- ja vapaa-ajanrakennukset. Tulokset perustuvat v. 2005 maastomittauksiin. Selvitys sisältää asuin- ja vapaa-ajan rakennuksille aiheutuvat rakenteelliset vahingot. Irtaimistolle syntyviä vahinkoja ei ole otettu huomioon, koska tämä olisi vaatinut kiinteistönomistajien läsnäoloa mittausten aikana. Vahinkoarviot pohjautuvat rakennuksen pinta-alaan ja pinta-alapohjaisiin korjauskustannuksiin (e/m^2), joiden pohjana on vuoden 2004 kesätulvan aiheuttamat vahingot Vantaan Pirttirannassa. Teollisuuteen kohdistuvat vahingot selvitettiin kysymällä suoraan laitoksilta.

Michelsson ja Saari (2009) tekivät tutkimuksen, jonka tavoitteena oli malli, jolla voidaan karkeasti arvioida tulvavahinkojen korjauskustannukset Suomessa. Malli perustuu haastatteluihin ja toteutuneisiin tulvavahinkoihin ja sen perusteella on laadittu kustannuskortit seitsemälle eri rakennustyyppille, kaikille kahdelle eri vesisyvyydelle ja puhtaalle tai likaiselle tulvavedelle. Kustannukset sisältävät hälytyskäynnin, kosteuskartoituksen, kuivatuksen, desinfioinnin ja varsinaiset korjauskustannukset. Kustannukset on arvioitu e/m^2 .

Lehtiö (2009, s 4.) toteaa että rakennuksille aiheutuvien vahinkojen suuruuden arviointiin Suomessa ei ole mitään yleisesti käytössä olevaa menetelmää. Lehtiö hyödynsi Michelssonin (2009) mallin tuloksia ja vertasi niitä Kittilässä 2005 sattuneisiin tulvavahinkoihin. Lehtiö totesi, että eri alueellisten ympäristökeskusten suurtulvaselvitystä varten tekemien vahinkoarvioiden perusteet vaihtelivat suuresti. Osa vahinkoarvoista perustui rakennustyyppikohtaisiin vahinkoarvoihin kun taas toisissa arvoissa käytettiin neliökohtaisia vahinkoja. Joissakin tapauksissa huomioitiin rakennuksessa olevan tulvaveden syvyys. Pääasiassa standardirakennusten neliövahinkoarvioilla tietyille rakennuksille laskettujen vahinkoennusteiden summa oli 18 % todellisia kokonaisvahinkoja suurempi (vahinkokorvaukset), vaikka yksittäisten rakennusten vahinkoennusteet olivat useimmiten moninkertaisia todellisiin vahinkoihin nähden. Erityisen suureksi ero syntyi, kun todelliset vahingot olivat hyvin pieniä.

Perrels et al. (2010), tulvavahinkoarviot perustuvat paikkatietoanalyysiin ja Michelssonin (2009) tuloksiin. Rakennukset Perrels luokittelee 5 eri tyyppiin ja esittää vahingot e/m^2 . Hän ottaa huomioon myös tuotannon seisahdukset ja tilapäismajoituksen kustannukset. Vahinkoarviossa hän ottaa huomioon ilmastonmuutoksen, kansantalouden kasvun sekä maankäytön muutoksen. Vahingot hän esittää euroina kahdelle eri tulvan toistuvuudelle.

Silander (2010) vertaa edellä esitettyjä menetelmiä (Koskinen 2006, Mittakokka 1989 ja Penning-Rowson 2005 sekä USACE) toisiinsa ja laskee tulvavahingot näillä menetelmillä eri vesisyvyyksille sovitettujen vahinkoastefunktioiden avulla, jotka on johdettu eri julkaisuissa esitettyjen neliöhintojen perusteella. Hän hyödyntää tulvakarttoja sekä tulvariskien alustavan arvioinnin

tuloksia. Laskelmissa ei oteta huomioon mm. irtaimistoa tai tuotannon seisahtumista eikä maataloutta, vaikka niiden osuutta onkin arvioitu. Lisäksi on laskettu tulvariskin vuotuinen odotusarvo.

3 ARVIOINNIN KOHTEET

3.1 Menetelmällä arvioitavat vahingot

Menetelmä on kehitetty suorien euromääräisten tulvavahinkojen arviointiin aineellisille vahingoille. Kaikkien tällaisten vahinkojen arviointi ei kuitenkaan ole mahdollista johtuen saatavilla olevista paikkatietoaineistoista tai niiden ominaisuustietojen laadusta. Joidenkin arvioiden tarkkuuteen vaikuttaa lisäksi tulvavaarakarttojen laatu ja esimerkiksi virtausnopeustietojen puute. Menetelmä perustuu olemassa oleviin aineistoihin. Se on karkea, mutta ei vaadi paljon resursseja. Olemassa olevien tietojen perusteella ja ottaen huomioon myös eri vahinkojen suuruusluokka päädyttiin laatimaan vahinkoarviot taulukossa 5 esitetyille vahingoille.

Taulukko 5. Menetelmällä arvioitavat vahingot.

• Rakennusvahingot <ul style="list-style-type: none">○ rakennevahingot○ irtaimistovahingot○ puhdistuskulut
• Liikenne <ul style="list-style-type: none">○ muutos liikenneyhteyksissä (lisäaika)○ tie- ja raideliikenneinfrastruktuuri
• Pelastuspalvelun kustannukset
• Ajoneuvovahingot
• Ihmisten määrä (ei rahallista arviota, ainoastaan määrä)

Yllä mainittujen lisäksi menetelmällä voitaisiin arvioida kohtuullisella tarkkuustasolla vahinkoja seuraaville kokonaisuuksille:

- liikevoiton ja palveluiden menetys
- veden- ja energianjakelun toimintakatkosta aiheutuvat menetykset
- maa- ja metsätalousvahingot

Maa- ja metsätalouden, vesivoimatuotannon sekä veden-, sähkön- tai lämmönjakelun ja teleliikenneyhteyksien toiminnan vahinkojen arviointimenetelmiä ei tässä vaiheessa ole selvitetty. Maanviljelyn vahinkoja koskevia selvityksiä on tehty aiemmin (mm. Syrjälä ym. 1995). Menetelmä on laadittu tulvakartoitetun alueen tulvariskin laskemiseen. Maatalousvahingot ovat yleensä vähäisiä kartoitetuilla tulvariskialueilla, joten niitä ei ole tässä otettu huomioon. Ne tulee ottaa huomioon vesistökohtaisessa tarkastelussa, etenkin jos toimenpiteellä voidaan vaikuttaa peltojen kastumiseen.

3.2 Menetelmän soveltamiskohteet

Menetelmä on kehitetty vesistötulvien aiheuttamien vahinkojen arviointiin. Sama menetelmä soveltuu kuitenkin myös meritulvariskien arviointiin. Jääpato- ja hulevesitulvatilanteissa vedenkorkeudella ei ole yhtä suurta merkitystä vahinkojen aiheuttajana kuin vesistö- ja meritulvilla vaan esimerkiksi virtausnopeus ja tulvan nousunopeus saattavat aiheuttaa suurempaa vahinkoa. Jatkossa virtausnopeustiedot tullaan ilmeisesti esittämään tulvavaarakartoissa ainakin keskimääräisenä virtausnopeutena uomassa. Myös tulvatapahtuman vuodenajalla on merkitystä vahinkojen suuruuteen. Talvella vahingot voivat olla merkittävästi suurempia.

Menetelmällä voidaan arvioida alueen tulvariskin lisäksi myös tulvariskien hallinnan toimenpiteillä saavutettavia kustannushyötyjä vertaamalla nykyistä tai tulevaa vedenkorkeustasoa toimenpiteellä mahdollisesti saavutettavaan tasoon. Menetelmä ei kuitenkaan sovellu toimenpidevaihtoehtojen kustannusvertailuun muiden kuin rakenteellisten tulvasuojelutoimenpiteiden osalta.

Arviointimenetelmää on sovellettu euromääräisesti mitattavien vahinkojen valtakunnalliseen vertailuun. Valtakunnallisiin paikkatietoaineistoihin ja samoilla periaatteilla laadittuihin tulvavaarakarttoihin pohjautuen on laadittu vahinkoarviot kaikilta tulvavaarakartoitetuilta alueilta. Näille vahinkoarvioille ei ole tehty kohdekohtaista tarkistusta eikä niitä ole täydennetty alueellisesti esimerkiksi ELY-keskusten toimesta. Vahinkoarviot voivat kuitenkin toimia apuna esimerkiksi yleispiirteisesti tulvariskien hallinnan suunnittelussa ja toimenpiteiden priorisoinnissa.

Vahinkoarviot on laskettu myös kaikille merkittävälle vesistö- ja merenrannikon tulvariskialueille. Tässä vaiheessa kaikilta näiltä alueilta ei ole ollut käytössä yhtenevin perustein laadittua tulvan vesisyvyysmallinnusta eikä niiden tietoja ole tarkistettu ja siksi vahinkoarvioiden alueittaiseen vertailuun tulee suhtautua vielä varauksella. Tarkempien tulvavaarakarttojen valmistuttua merkittävilta tulvariskialueilta voidaan näille alueille tehdä uudet vahinkoarviot ja tarvittaessa tarkentaa näitä tietoja paikan päällä.

- [Tulvavaarakartoitettujen alueiden vahinkoarviot](#)
- [Merkittävien tulvariskialueiden vahinkoarviot](#)

Menetelmän hyödyntäminen tulvasuojelluilla alueilla on haasteellista. Tulvasuojellut alueet on esitetty tulvavaarakartoissa. Jos tulvavaarakartan pohjana olevan tulvaskenaarion toistuvuus ylittää tulvapenkereiden mitoitustoistuvuuden, on kartoissa kuvattu tulvasuojeltu alue veden peittämäksi vastaavasti kuin muukin tulva-alue eli alueen vesisyvytydet on tiedossa. Jos skenaarioin toistuvuus on taas pienempi kuin penkereiden mitoitustoistuvuus, on oletettavaa että penkereet kestävät tulvatilanteen eikä vesi pääse leviämään suojellulle alueelle. Tällöin tulvasuojellun alueen vahinkopotentiaalia ei normaalisti tulisi sisällyttää vahinkoarvioihin.

Jos halutaan tarkastella mahdollisen pengersortuman aiheuttamaa vahinkoa mitoitustoistuvuutta pienemmillä tulvatilanteilla, ei käytössä ole tulvasuojellun alueen vesisyvyystietoja. Tällöin esimerkiksi huonossa kunnossa olevan penkereen kunnostamisesta saatavan hyödyn arviointia ei voida tehdä tarpeeksi tarkasti. Lisäksi pengersortumatilanteessa virtausnopeus tulvasuojellulla alueella saattaa nousta suurempia vahinkoja aiheuttavaksi tekijäksi kuin veden syvyys.

Lähtökohtaisesti tulvasuojellut alueet tulisi aina jättää vahinkotarkastelujen ulkopuolelle tai tarkastella ne erikseen. "Syvyystieto puuttuu" ja tulvasuojellut alueet voidaan sisällyttää arviointiin vaihtamalla oletusta vahinkoarviointi-Excelin laskentavakio-kentässä. "Syvyystieto puuttuu" luokkaan kuuluu alle 1 % kaikkien tulvavaarakarttojen vesisyvyysluokkien rakennuksista. Kerrosalan perusteella n. 3 % kuuluu tähän luokkaan.

4 ARVIINTIMENETELMÄT

4.1 Rakennusvahinkojen arviointi

Vahinkofunktiot on määritetty erikseen rakenteelle aiheutuville vahingoille, irtaimistolle ja siivoukustannuksille. Kokonaisrakennusvahingot pitävät sisällään sekä rakenteille aiheutuneet vahingot, että siivous- ja irtaimistovahingot.

Rakennus- ja irtaimistovahinkofunktiot ovat muotoa:

$$f(h) = ah^2 + bh + c$$

missä a, b ja c ovat vakioita ja h on vesisyvyys. Funktioiden muoto perustuu USACE:n (1996) tutkimuksiin. Funktion nollakohta on rakennuksen ensimmäisen kerroksen lattiapinnan korkeus, funktiolla otetaan huomioon myös rakennuksen alapohjan kastuminen (Kuva 3). Rakennustyyppien ryhmittely on tehty siten, että jokaiselle Rakennus- ja huoneistorekisterin (RHR) 2-tason rakennustypille on määriteltävissä tarvittaessa vahinkofunktio ja uudishinta. Laskennassa käytetään vain yhtä vahinkofunktiota.

Vesisyvyysluokat ovat jaoteltu tulvavaarakartoituksessa ja siten myös vahinkoarvioiden pohjana olevissa tunnuslukutaulukoissa: 0-0,5 m, 0,5-1 m, 1-2 m, 2-3 m ja yli 3 m. Vahinkoarvioinnissa käytetään aina vesisyvyysluokan keskiarvoa.

Toisen asteen funktio ei ole ainoa vahinkoarviointiin sopiva funktiotyyppi. Muita käytettyjä funktiotyyppejä ovat lineaarinen ja logaritminen funktio. Suurilla vesisyvyyksillä ensimmäisen asteen lineaarinen polynomifunktio antaa liian suuria vahinkoarvoja ja vastaavasti pienillä vesisyvyyksillä liian pieniä. Mittakokka (1989) on käyttänyt lineaarista "bh+c" -funktiota, joka soveltuu parhaiten keveille rakennuksille, koska se ei ota huomioon alapohjan kastumista.

MCM:ssä esitettiin vahinkoarvioihin parhaiten sopii logaritminen funktio ($\ln[h]+c$). Valittuun US Army Corps aineistoon sopii kuitenkin parhaiten toisen asteen funktio (USACE 2003). Toisen asteen funktio ottaa paremmin huomioon alapohjan vahingot pienillä vesisyvyyksillä yksi kerroksisille rakennuksille ja toimii hyvin alle 3 metrin vesisyvyyksillä.

4.1.1 Rakennevahingot

Arvio rakennevahingoista saadaan kaavalla:

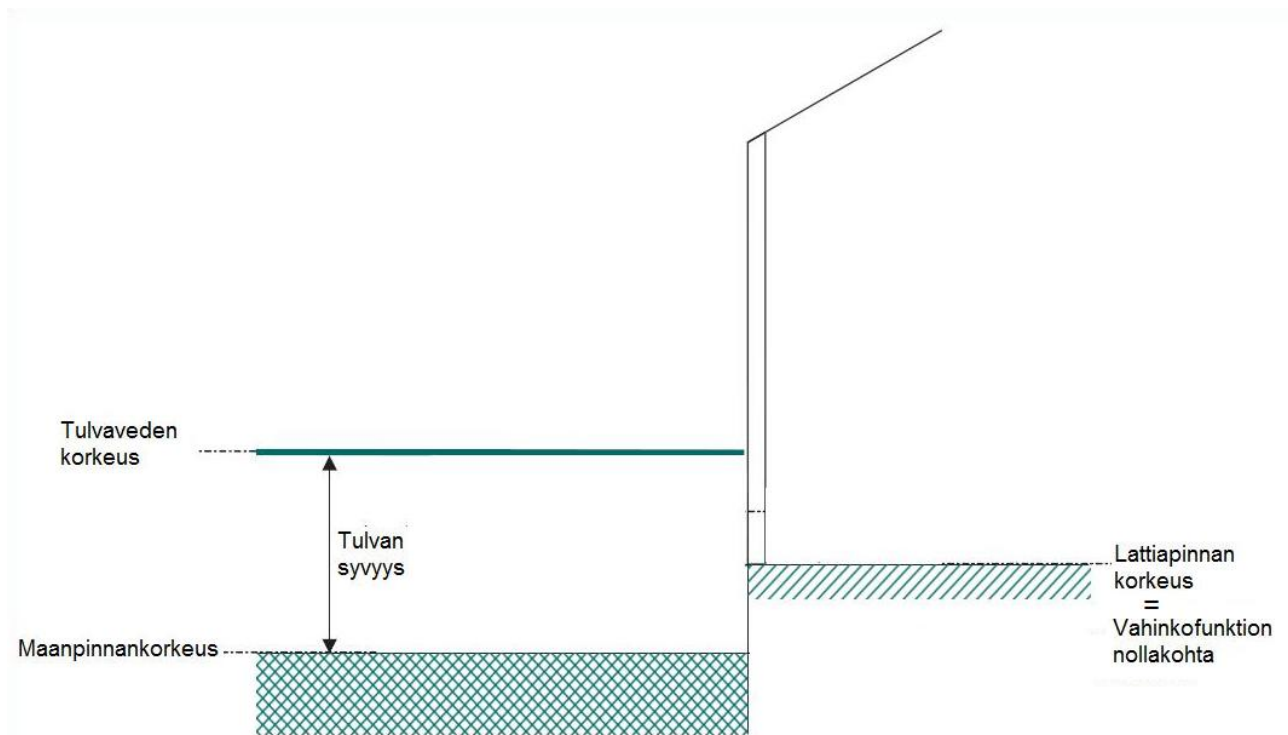
$$\text{Rakennusvahinko } (e) = f(h)/100 * \text{rakennuksen kerrosala } (m^2) * \text{neliöhinta } (e/m^2)$$

Neliöhintana käytetään rakennuksen uudishintaa. Neliöhinnat vaihtelevat rakennustyyppin mukaan (FK 2011). Lisäksi laskennassa otetaan huomioon arvonlisävero asuinrakennusten osalta, rakennusten ikä, alueelliset hintaerot sekä tarvittaessa tulvan kesto ja kellarien määrä. Rakennusindeksiä muuttamalla neliöhinnat päivittyvät vastaamaan annettua indeksivuotta, jolloin kaikki vahinkoarviot päivittyvät automaattisesti, myös pelastustoiminnan kustannukset.

Maanpinnan ja lattian yläpinnan välinen etäisyydeksi on arvioitu 0,3 – 0,5 m, oletusarvo on 0,3 m. Rakennusmääräyskokoelman mukaan maanvastaisen lattian yläpinnan on oltava vähintään 0,3 m rakennuksen ulkopuolella olevan maanpinnan yläpuolella (RakMK 2012). Kittilässä sokkelin mitattiin olevan keskimäärin 0,5 m mallinnetun maanpinnan (KM2) tason yläpuolella (n=90, keskiarvon 95 % luottamusväli 0,05m) (Parjanne & Silander 2012). Suomessa alapohjan paksuus on suurempi kuin vertailumaissa, mikä puoltaa pienemmän arvon käyttämistä valituissa vahinkofunktiossa.

Rakennevahinkoarviot on laskettu USACE (2003, s. 12, yksikerroksinen talo ilman kellaria) aineistoon sovitetulla vahinkofunktiolla, joka on $-4,2544h^2+32,796h+13,478$, laskennoissa on käytetty arvoa 1 ft \sim 0,3 m ja valittu vesisyvyysväli -1 ft – 10 ft. Vastaavasti, arvolla $1=0,3048$ m saadaan yhtälö muodon $-4,4126x^2 + 32,937x + 13,377$.

Kapillaarinen nousu tulvan aikana rakennusmateriaaleissa on Kellman & Spencerin (2004) mukaan maksimissaan noin 0,45m. Kapillaarinen nousu riippuu rakennusaineesta ja sitä tapahtuu myös maa-aineksissa, joskin rakennusten pitäisi olla suojattu kapillaarista nousua vastaan. Kapillaarinen nousu on osin otettu huomioon tulvan kestolla sekä osin sillä että funktiot perustuvat laajaan vahinkokantaan. Rakennusaineiden välisiä eroja ei ole otettu huomioon.



Kuva 3. Vahinkofunktio nollakohta on lattian yläpinnan korkeus, joka on noin 0,3-0,5 m maanpintaa ylempänä.

Pienillä tulvariskialueilla tai alueilla, joilla on paljon rakennuksia samalla syvyysvyöhykkeellä, tulisi tarkemman vahinkoarvion saamiseksi käyttää useampaa vesisyvyysluokkaa. Vahinkoarvioinnissa rakennusten kerrosala on jaettu kerroksiin, mikä parantaa vahinkoarviota. Vahinkoarvio perustuu aina rakennuksen uudishintaan, joten lasketut arviot ovat todennäköisesti liian suuria alueella jossa on paljon vanhoja tai huonokuntoisia rakennuksia (FK 2011).

Kellarin hinnoittelua on pyritty selvittämään, sillä suuri osa kaupunkitulvan vahinkokustannuksista aiheutuu kellariin päässeistä tulvavesistä. Ongelmaksi kellarien tulvavahinkokustannusten arvioinnissa muodostuu kuitenkin edellä mainittu tietojen huono saatavuus. Kellarin hinnoitteluvaihtoehdot voivat perustua kiinteään hintaan (€/kellari) tai neliöhintaan (€/kellari-m²). RHR:stä ei kuitenkaan saada kattavasti tietoa kellareiden kappale- tai neliömääristä..

Kellaritilojen vahingoiksi on arvioitu 10 000 €/kellari, mikä perustuu Reiterin (2006 , PATU-kansio) arvioon. Vaasan kaupunkitulvaselvityksessä (Lonka & Raivio, 2007) kellarin maalaus kustannus on arvioitu olevan 3000 €/kellari, imutyhjennyskustannus 500 €/kellari ja puhdistuskustannus 500 €/kellari, yhteensä noin 4000 €/kellari. Michelssonin ja Saaren (2009) mukaan kellarillinen (kellari 60m²) 1- tai 2- kerroksinen omakotitalo kärsisi tulvavahinkoja n. 30 000 € – 35 000 € enemmän kuin vastaava kellariton talo (hintataso 1/2008 pääkaupunkiseudun kehyskunnat). 4-kerroksisen kerrostalon kellarin vahingoiksi arvioitiin n. 680 €/m², mikä oli 100-180 €/m² enemmän kuin omakotitalossa.

4.1.1.1 Rakennusmateriaali

Rakennusmateriaaleilla on vaikutusta rakennuksen tulvasta kärsimien vahinkojen suuruuteen. Tätä ei ole otettu huomioon vahinkofunktiolla, koska riittävän laajaa vahinkopohjaa ei ole käytettävissä funktioiden kehittämiseen. Myöskään tietoja rakennuksen varustelutasosta (esim. hissi, viemäri-, vesi- ja sähköliityntä, ilmastointi) ei ole otettu mukaan arviointiin. Rakennus- ja julkisivumateriaaleja koskevat tiedot löytyvät RHR:stä.

Esimerkiksi kellareissa tyypillisesti käytettävät maalatut betonirakenteet eivät juuri kärsi lyhytkestoisesta tulvasta. Sen sijaan puurakenteet ja eristeenä käytettävä mineraalivilla saattavat aiheuttaa suuret vahingot jo lyhyellä tulvalla (Lonka & Raivio, 2007, s. 10). Michelson & Saari (2009) ovat määritelleet kustannuskortit eri rakennusmateriaaleista valmistetuille rakennuksille. Samoin MCM:ssa on tiedot eri rakennusmateriaaleista valmistettujen talojen vahingoista.

4.1.1.2 Tulvan kesto

Rakennusvahingot kasvavat tulvan keston pidentyessä, liikennekatkon takia kiertotietä pitää käyttää pidempään ja tulvan valtaan joutuneiden talojen asukkaat joutuvat asumaan evakossa pidempään. Rakennusvahinkojen on arvioitu olevan lyhytkestoisella tulvalla 33 % pienemmät kuin pitkäkestoisella (perustuen MCM 2005).

Irtaimistovahinkoihin ja siivouskustannuksiin tulvan kestolla ei ole arvioitu olevan suurta merkitystä. Lyhytkestoisena rakennusvahinkojen arvioinnissa pidetään alle 1 vrk tulvaa ja pitkäkestoisena tätä pidempiä perustuen MCM:iin. Eri vesisyvyyksillä tulvan keston vaikutus on erilainen, vesisyvyyksillä 0-1 m vähennys on n. 40 % ja taas vesisyvyydellä 1-2 m n. 30 %.

Oletusarvona käytetään pitkän tulvan kestoa (≥ 1 vrk). Alle 1 vrk:n arvoille tehdään oletusarvoisesti 33 % vähennys neliöhintoihin, mikä perustuen MCM:n tuloksiin. Tulvan kesto vaikuttaa vain vähän siivous-kustannuksiin ja irtaimistovahinkoihin, joten tulvan keston ei oleteta muuttavan näiden vahinkojen määrää.

4.1.1.3 Neliöhinta

Rakennuksien neliöhintojen arviointi perustuu FK:n Rakennuksen hinnan arviointi 2011 –ohjeeseen (2011) julkaisuun. Ohjeen pohjalta tehtiin alustavat arviot erityyppisten rakennuksien neliöhintoista vuoden 2011 uudisrakennushintojen mukaan (taulukko 6). Neliöhinnat on määritelty yli 70 eri rakennustyyppille ja kolmelle eri alueelle eli neliöhintoja on määritelty yli 200.

Alueelliset hintaerot otetaan laskennassa huomioon alueellisten uudishintojen avulla. Alueiden väliseksi eroiksi on oletettu vuoden 1/2011 suhdannetta vastaava tilanne, mikä vastaa alueiden keskimääräisiä eroja. Tarkasti ottaen alueiden väliset hintaerot kuitenkin riippuvat suhdanteesta. Neliöhinnat on laskettu Haahtela-indeksin määrittelemän hintatason mukaan kolmelle eri hintatason alueelle: Pääkaupunkiseutu (indeksi alue 1), kehyskunnat (alue 3) ja muu Suomi (alue 5).

Uudishinnassa ei ole mukana mm. tontin hankintahintaa, irtaimiston hankintahintaa tai toimintainvestointeja (koneet ja laitteet). FK (2011) ohjeessa neliöhinnat on määritetty huonealakohtaisesti, mutta RHR:ssä saatavat tiedot ovat bruttoneliöitä, joten hinnat korjattiin ohjeessa esitettyjen kertoimien mukaan vastaamaan RHR:n bruttoneliöitä.

Rakennuksien luokittelu hinnanarvointiohjeessa (FK 2011) ja RHR:ssa poikkeavat osin toisistaan. Siksi joidenkin rakennustyyppien neliöhinnat laskettiin muokkaamalla muiden, hinnanarvointiohjeesta löytyvien rakennuksien neliöhintoja. Asuinrakennusten ja vapaa-ajan asuinrakennusten hintoihin lisättiin arvonlisävero, joka v. 2011 oli 23 %. Muille rakennuksille tätä ei lisätty kansantaloudellisen tarkastelunäkökulman takia. Muiden rakennustyyppien arvonlisävero on kuitenkin mahdollista ottaa mukaan laskelmiin. Lisäksi arvonlisäveroa voi muuttaa (laskentavakio –kentässä Excelissä).

Taulukko 6. Erityyppisten rakennusten bruttoneliöhinnat alueittain. Joidenkin rakennustyyppien hinnat on määritelty muokkaamalla muita rakennustyyppiä.

Asuntotyyppi RHR3-tason mukaan	Neliöhintatyyppi, Haahela	Mahdolliset lisäperustelut neliöhintalaskelmalle	Neliöuudishinta (€/bm2)		
			Muu Suomi	Kehyskunnat	Pääkapunkiseutu
Muut asuinrakennukset	Kerrostalo, asunosauna	Uudisrakennuksissa on lähes aina asuntokohtainen sauna	1060	1160	1260
Luhittalat	Omakotitalo	Vastaa kerrosäärältään usein omakotitalojen keskimääräistä kerros määrää	1090	1210	1300
Kahden asunnon talot	Omakotitalo		1090	1210	1300
Muut erilliset pientalot	Omakotitalo		1090	1210	1300
Yhden asunnon talot	Omakotitalo		1090	1210	1300
Ketjutalot	Rivitalo		1120	1210	1310
Rivitalot	Rivitalo		1120	1210	1310
Voimalaitosrakennukset	Muokattu pienteollisuusrakennus	Varasto 15 %, Yhteistoiminnot 10 %, Tekniikka 70 % ja säilytys 5 %	980	1070	1150
Yhdyskuntateknikaan rakennukset	Yhteistoiminnot		1200	1320	1430
Kehitysvammaisten hoitolaitokset	Vanhusten palvelurakennus	Toiminta pääosin hyvin samanlaista kuin vanhusten palvelutaloissa	1310	1430	1540
Lasten- ja koulukodit	Muokattu majoitusrakennus	Hallinto 5 %, majoitus 50 %, ravintola 10 %, säilytys 5 % ja yhteistoiminnot 30 %	1410	1540	1650
Muut huoltoaitosrakennukset	Vanhusten palvelurakennus		1310	1430	1540
Vanhainkodit	Vanhusten palvelurakennus		1310	1430	1540
Lasten päiväkodit	Päivähoitorakennus		1510	1660	1790
Muulla luokittelemattomat sos.toimen rak.	Muokattu kerrostalojen yhteistilat	Kerhotila 50 %, varasto 10 %, säilytys 10 %, yhteistoiminnot 25 % ja ravintola 5 %	960	1040	1120
Keskussairaalat	Terveystalorakennus		1460	1600	1730
Muut sairaalat	Terveystalorakennus		1460	1600	1730
Muut terveydenhuolto rakennukset	Terveystalorakennus		1460	1600	1730
Terveystalorakennukset	Terveystalorakennus		1460	1600	1730
Terveystalorakennukset	Terveystalorakennus		1460	1600	1730
Vankilat	Vanhusten palvelurakennus	Vankilassa ei ole kuntoutusta, mutta kuntoutustilojen hinta on lähestulkoon sama kuin o	1310	1430	1540
Asuntolat yms.	Kerrostalo, yhteissauna		1000	1090	1180
Muut asuntolarakennukset	Kerrostalo, yhteissauna		1000	1090	1180
Kirjastot ja arkistot	Kirjasto	Jos vahinkoalueella näitä rakennuksia, on suositeltavaa tehdä vielä erillinen vahinkolas	1520	1590	1710
Museot ja taidegalleriat	Kirjasto	Jos vahinkoalueella näitä rakennuksia, on suositeltavaa tehdä vielä erillinen vahinkolas	1520	1590	1710
Näyttelyhallit	Liikuntahalli	Näyttelytilat ovat usein liikuntahalleja tai sen tapaisia paikkoja	1310	1430	1540
Muut kokonutimisrakennukset	Muokattu kerrostalojen yhteistilat	Kerhotila 50 %, varasto 10 %, säilytys 10 %, yhteistoiminnot 25 % ja ravintola 5 %	960	1040	1120
Seura- ja kerhorakennukset yms.	Muokattu kerrostalojen yhteistilat	Kerhotila 50 %, varasto 10 %, säilytys 10 %, yhteistoiminnot 25 % ja ravintola 5 %	960	1040	1120
Elokuvateatterit	Muokattu opetusrakennus	Auditorio 60 %, hallinto 5 %, ravintola 5 %, säilytys 10 %, yhteistoiminnot 10 % ja arkisto	2200	2440	2570
Teatterit, ooppera-, konsertti- ja kongressitalo	Muokattu opetusrakennus	Auditorio 60 %, hallinto 5 %, ravintola 5 %, säilytys 10 %, yhteistoiminnot 10 % ja arkisto	2200	2440	2570
Jäähallit	Liikuntahalli		1310	1430	1540
Monitoimihallit ja muut urheiluhallit	Liikuntahalli		1310	1430	1540
Muut urheilu- ja kuntolurakennukset	Muokattu liikuntahalli	Kuntoilu ja voimailu 70 %, säilytys 25 % ja hallinto 5 %	1100	1210	1300
Tennis-, squash- ja sulkapallohallit	Kaarihalli	Bruttoneliöiden muutoskertoimena käytetty kaarihallien 1,04	780	860	930
Uimahallit	Uimahalli		2020	2200	2360
Kirkot, kappelit, luostarit ja rukoushuoneet	Muokattu kerrostalojen yhteistilat	Aluekohtainen lisäarvio ehkä tarpeen joissain tapauksissa	960	1040	1120
Muut uskonnollisten yhteisöjen rakennukset	Muokattu kerrostalojen yhteistilat	Kerhotila 50 %, varasto 10 %, säilytys 10 %, yhteistoiminnot 25 % ja ravintola 5 %	960	1040	1120
Seurakuntatalot	Muokattu kerrostalojen yhteistilat	Kerhotila 50 %, varasto 10 %, säilytys 10 %, yhteistoiminnot 25 % ja ravintola 5 %	960	1040	1120
Hotellit yms.	Majoitusrakennus		1530	1670	1790
Loma-, lepo- ja virkistyskodit	Majoitusrakennus		1530	1670	1790
Muut majoitusliikeraennukset	Majoitusrakennus		1530	1670	1790
Ravintolat yms.	Ravintola		2040	2220	2380
Vuokrattavat lomamökkit ja -osakkeet	Omakotitalo	Varustelutaso usein omakotitalon tasolla	1090	1210	1300
Liike- ja tavaratalot, kaupakeskukset	Kaupparakennus		1470	1600	1730
Muut myymälä rakennukset	Muokattu kaupparakennus	Päivittäistavara 45 %, kauppa ja liike 35 %, varasto 10 % ja yhteistoiminnot 10 %	1050	1160	1260
Myymälähallit	Kauppahalli		1060	1170	1250
Toimistorakennukset	Toimistorakennus		1220	1340	1440
Kulkuneuvojen suoja- ja huolto rakennukset	Konesuoja/konekorjaamo		490	530	570
Muut liikenteen rakennukset	Liikenne		1140	1250	1380
Pysäköintialat	Paikotushalli	Bruttoneliöiden muutoskertoimena käytetty kaarihallien 1,04	530	580	630
Rautatie- ja linja-autoas., lento- ja satamater	Muokattu kaupparakennus	Ravintola 5 %, kauppa ja liike 30 %, varastohalli 10 %, kauppagalleria 20 % ja yhteistoim	1550	1700	1840
Tietoliikenteen rakennukset	Toimistorakennus		1220	1340	1440
Eläinsuojat, ravinevostallit, maneesi yms.	Hevostalli ja maneesi	Hintojen keskiarvo. Bruttoneliöiden muutoskertoimena käytetty eläinsuojien 1,12	490	530	570
Nävet, sikalat, kanalat yms.	Muut eläinsuojat kuin hevostalli, maneesi ja t	Hintojen keskiarvo. Bruttoneliöiden muutoskertoimena käytetty eläinsuojien 1,12	530	580	630
Kasvihuoneet	Kasvihuone	Erityyppisten kasvihuoneiden keskiarvo. bruttoneliöiden muutoskertoimena käytetty hall	190	210	230
Muut maa-, metsä- ja kalatalouden rakennukset	Muut eläinsuojat kuin hevostalli, maneesi ja t	Hintojen keskiarvo. Bruttoneliöiden muutoskertoimena käytetty eläinsuojien 1,12	530	580	630
Turkistarhat	Turkistarhahalli	bruttoneliöiden muutoskertoimena käytetty hallirakennusten 1,05	340	370	410
Viilankuivaamot ja viilan säilytysrakennukset	Rehuväestö (ja maatalouden) varastohalli	Keskiarvo näistä rakennuksista. Bruttoneliöiden muutoskertoimena käytetty varastohalli	360	390	410
Muulla luokittelemattomat rakennukset	Aitakylmä- ja pakasteväestöt sekä varastoh	Keskiarvo näistä rakennuksista	490	530	560
Ammatillisten oppilaitosten rakennukset	Opetusrakennus		1450	1590	1700
Korkeakoulurakennukset	Opetusrakennus		1450	1590	1700
Tutkimuslaitosrakennukset	Opetusrakennus		1450	1590	1700
Järjestöjen, liittojen, työnant. yms. opetusrak.	Opetusrakennus		1450	1590	1700
Muulla luokittelemattomat opetusrakennukset	Opetusrakennus		1450	1590	1700
Yleissivistävien oppilaitosten rakennukset	Opetusrakennus		1450	1590	1700
Muut palo- ja pelastustoimen rakennukset	Väestösuoja		1520	1670	1800
Paloasema	Väestösuoja		1520	1670	1800
Väestönsuojat	Väestösuoja		1520	1670	1800
Muut teollisuuden tuotantorakennukset	Teollisuushalli	Bruttoneliöiden muutoskertoimena käytetty teollisuushallien 1,05	810	880	950
Teollisuus- ja pienteollisuustalot	Pienteollisuus	Bruttoneliöiden muutoskertoimena käytetty teollisuushallien 1,04	900	990	1050
Teollisuushallit	Teollisuushalli	Bruttoneliöiden muutoskertoimena käytetty teollisuushallien 1,05	810	890	950
Kauppavarastot	Varastohalli	Laskettu pelkän varastohallin hinnalla, ei hallintoa tai yhteistoimintaa. Bruttoneliöiden	750	810	870
Muut varastorakennukset	Varastohalli	Bruttoneliöiden muutoskertoimena käytetty varastohallien 1,03	840	920	990
Teollisuusvarastot	Varastohalli	Bruttoneliöiden muutoskertoimena käytetty varastohallien 1,04	840	920	990
Saunarakennukset	Saunarakennus	Bruttoneliöiden muutoskertoimena käytetty pientalojen 1,16	1370	1500	1640
Talousrakennukset	Kesäasunto	Bruttoneliöiden muutoskertoimena käytetty pientalojen 1,17	1030	1120	1220
Vapaa-ajan asuinrakennukset	Kesäasunto	Bruttoneliöiden muutoskertoimena käytetty pientalojen 1,18	1030	1120	1220

Rakennuksen nykyhintaan vaikuttaa mm. rakennuksen ikä ja kunto. 10 vuotta vanhan rakennuksen nykyhinta on 90 % uudishinnasta ja 50 vuotta vanhan 30 % (FK 2011). Rakennusten keskimääräinen ikä, RHR:n tietojen perusteella, on Suomessa 38 vuotta (nykyisten rakennusten tämänhetkinen ikä, 2011 tilanne).

Kittilän pilotissa todettiin että vahinkoarvio on liian pieni jos vain ikäalennus otetaan huomioon vahinkolaskennassa. Ikäalennus ei ota huomioon rakennuksen korjauskustannuksia. Rakennuksen kunnan huomioon ottamista harkittiin mutta koko rakennuskannan kunnosta ei ole riittävää tietoa, joten vahinkoarvioinnissa päätettiin käyttää aina rakennuksen uudishintaa. Uudishintaa käytetään myös irtaimisto- ja pelastustoimintakustannusten laskennassa. Uudishinta olettaa, että tulvavahingosta kärsinyt talo kunnostetaan aina uutta taloa vastaavaksi nykypäivän

rakennusmääräysten mukaisesti. Näiden ikääntymisarvojen avulla tehtiin yhtälö, jonka avulla neliöhintalaskelmissa voidaan ottaa huomioon rakennuksen ikä. Yhtälö on muotoa $y = 0,014615x$, jossa x on rakennuksen ikä vuosina ja y on ikävähennysosuus rakennuksen uudishinnasta. Yhtälö on johdettu Rakennuksen hinnan arviointi 2011 –ohjeessa (FK 2011) esitettyjen rakennusten ikääntymisprosenttiarvojen pohjalta.

Rakennuksien iän lisäksi nykyhinnan arviointiin vaikuttaa rakennuksen kunto. Tässä menetelmässä kuntoa ei kuitenkaan ole huomioitu nykyhinnan määrittelylaskelmissä. Tulvatilanteissa rakennuksen kunto voidaan arvioida tapauskohtaisesti. Rakennuksien korjaukseen käytetään yli 10 €/m² vuosittain (Vainio ym. 2002). 30 Vuotta vanhan rakennuksen uudishinta on FK (2011) mukaan 500 €/m². Jos rakennusta korjataan 300 €/m² (30 x 10 €), niin rakennuksen kunnan perusteella määritetty hinta olisi noin 800 €/m². Rakennukseen ikälennus olisi tässä tapauksessa 50 %, mutta kunnan perusteella tehtävä alennus vain 20 %.

Rakennusten keskimääräinen ikä RHR:n tietojen perusteella (3 % rakennuksista puuttuu ikätieto) koko Suomessa on 38 vuotta (nykyisten rakennusten tämänhetkinen ikä, 2011 tilanne). Mukaan ei ole laskettu purettuja tai ränsistymisen vuoksi hylättyjä rakennuksia. Kerrosalalla painotettu keskimääräinen ikä on hieman alhaisempi, noin 30-35 vuotta. RHR:ssä ei ole tietoja lisä- tai korjausrakentamisesta eli ikä on laskettu rakennuksen ensimmäisen osan valmistumisen mukaan. Rakennuksen nykyhintaa kannattaa käyttää, kun arvioidaan kannattaako rakennusta korjata tai lunastaa.

Rakennusindeksiä muuttamalla neliöhinnat päivittyvät vastaamaan annettua indeksivuotta. Rakennusmääräysten muuttuessa voi olla tarpeen tarkistaa neliöhinnat. Haahtela-indeksiä vastaavat uudishinnat 1/2011 on muutettu vastamaan vuoden 2010 rakennuskustannusindeksiä vastaavia hintoja kertoimella 0,9452.

Haahtela-indeksi on muuttuvapainoinen tarjous- tai urakkahintaindeksi, eli se ennakoii hankkeen odotettavissa olevia kustannuksia. Indeksillä vaihtelee voimakkaasti suhdanteiden mukaan (FK 2011). Rakennuskustannusindeksi on tilastokeskuksen ylläpitämä kiinteäpainoinen indeksi, joka ei yleensä sovellu hyvin rakennusalan hintakehityksen seurantaan korkeasuhdanteen aikana, mutta pitkällä aikajaksolla sen kehitys on tasaisempaa ja vähemmän herkkää suhdanteille. Siksi se soveltuu paremmin tulevien tulvariskien arviointiin (SVT 2012).

4.1.1.4 Kerrosala

Laskennassa kerrosala on jaettu tasan eri kerroksiin. Keskimääräinen kerroskorkeus on noin kolme metriä ja yli 3 metrin vesisyvyyden tulvat ovat Suomessa erittäin harvinaisia, joten rakennuksen toinen kerros vahingoittuu välittömästi tulvan seurauksena vain äärimmäisissä poikkeustapauksissa. Tällaisten tulvavahinkojen osuus kokonaisvahingoista jää hyvin pieneksi.

Kerrosala rakennusoikeudellisena käsitteenä on rakennuksen kerrosten yhteenlaskettu pinta-ala sisältäen maanpäällisen kellarikerroksen, jos samassa kerroksessa on yksikin asuinhuone. Lisäksi kerrosalaan lasketaan maanalaisista kellarikerroksista ne osat, jonne on sijoitettu asumiseen liittyviä tilojen kuten asuinhuoneet, työhuoneet, saunat, pesuhuoneet, kodinhoitotilat, vaatehuoneet ja näihin johtavat käytävät. Loma-asunnossa sauna lasketaan mukaan kerrosalaan, vaikka se olisi kellarissa. Kerrosalaan lasketaan yleensä kunkin kerroksen pinta-ala aina ulkoseinien ulkopintaan asti. Omakotitaloissa voi ylempi kerros olla pienempi, mutta myös toisin päin. Kerros- ja rivitaloissa kerrosalat ovat yleensä lähellä toisiaan eri kerroksissa.

Vahinkoarvioinnin perustana oleviin tunnuslukutaulukoihin ei ole laskettu yksittäisen rakennuksen kerroslukumäärää ja kerrosalaa, vaan vahinkolaskenta perustuu yhden rakennustyyppin kokonaiskerrosalaan ja lukumäärään yhdellä vesisyvyydellä. Tunnusluvut on laskettu kuitenkin kullekin tulvavaarakartoitetulla alueelle erikseen. Osassa RHR:n rakennuksista kerroslukumääräksi on ilmoitettu 0. Tyypillisesti nämä rakennukset ovat kevyitä (esim. vapaa-ajan asuinrakennuksia, saunoja tai talousrakennuksia). Arviointia varten näiden kerroslukumääräksi on oletettu aina 1.

Kellarien kerrosalaa ei tiedetä. Kellarillisia rakennuksia on RHR:ssä n. 36 000, mikä tarkoittaisi että kellarit on vain 2,5 % rakennuksista. Määrä on niin pieni, että RHR:n tietoja voidaan pitää näiltä osin riittämätöminä. Kellarien kerrosala ja määrä ovat niin epätarkkoja että kellarit päätettiin hinnoitella erikseen. Tilastokeskuksesta epäiltiin, että kellaritietoja olisi alettu keräämään vasta 2000-luvulla RH-lomakkeilla. Ainakin jonkinlainen piikki kellaritiedon esiintyvyydessä on 2000-luvulla rakennetuilla rakennuksilla.

Vuosina 2000-2009 rakennettujen kellarillisten talojen osuus kaikista taloista oli 9,5 % (tilastokeskus / rakennukset 2009). Juurakon (2007) mukaan Tampereen ydinkeskustassa sijaitsevilla rakennuksilla on keskimäärin 1 138 m² kellaritilaa. Tutkimus kattoi 121 rakennusta. Yhteensä tutkittua kerrosalaa oli 408 165 m², josta kellaritilaa oli 134 294 m² (ka kellariala per kerrosala = 0,329). Kellaritilasta 63 % toimi varastona, autotallina tai teknisenä tilana. Kellaritilan suuri määrä johtunee pääasiassa maanalaisista autohalleista.

Väestönsuojan kerrosala ei ole yleensä tiedossa, neliöhinta on kuitenkin määritetty myös väestönsuojille. Maanpäällisten kerrosten väestönsuojien ala tulisi maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) mukaan laskea mukaan kerrosalaan. RHR:n tiedoista ei kuitenkaan selviä, onko väestönsuoja maanpinnan päällä vai alla ja maanpinnan alapuolista väestönsuojaa ei lasketa kerrosalaan. Näin ollen RHR:n väestönsuojatietoja ei voida hyödyntää vahinkoarvioinnissa.

4.1.2 Irtaimistovahingot

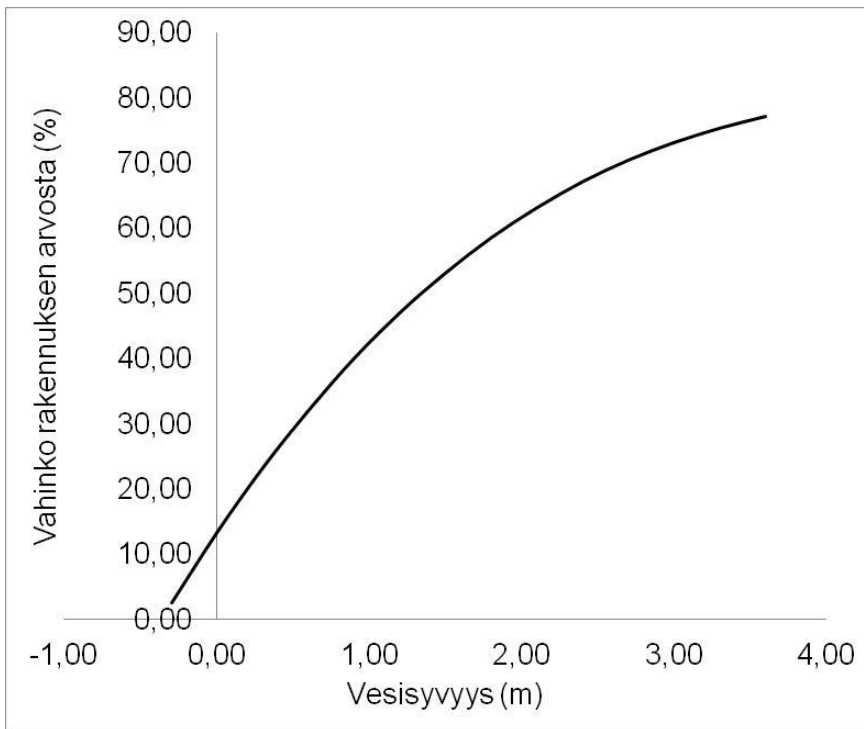
Irtaimistoon kuuluu mm. kodinkoneet, lämmityslaitteet, televisio, huonekalut, matot ja verhot. Irtaimiston osuutena kokonaisrakennusvahingoista 0 m vesisyvyydellä on käytetty 5 % tai 20 % riippuen rakennustyyppistä.

Irtaimistovahingot lasketaan USACE (2010) aineistoon sovitetulla funktiolla (kuva 4). Funktio on $-2,3424h^2 + 17,182h + 8,1779$, ja arvolla $1 \text{ ft} = 0,3048 \text{ m} = -2,2692x^2 + 16,911x + 8,1779$. Haahtelan (2011) mukaan irtaimiston hankintahinta on n. 10 % rakennuksen rakentamiskustannuksista, MCM:n perusteella enintään n. 20 % ja USACE:n mukaan n. 30 %. Irtaimistovahinkojen arviointiin liittyy suuri epävarmuus.

Irtaimistovahingot lasketaan rakennuksen arvonlisäverottoman uudishinnan mukaan. Irtaimistokuluihin ei tehdä rakennuksen ikään liittyvää korjausta. Irtaimiston on oletettu jakaantuvan tasaisesti rakennuksen kerroksiin sen kerrosalan mukaisesti. Rakennuksen sijainti vaikuttaa irtaimiston arvoon vain vähän rakennuksen uudishinnan kautta.

Irtaimistokulujen osalta kaupparakennuksille ja vastaaville (käytetään RHR-rakennustyypeille: myymälähallit, muut myymälärakennukset, liike- ja tavaratalot, kauppakeskukset, kasvihuoneet, navetat, sikalat, kanalat yms., viljankuivaamot ja viljan säilytysrakennukset, teollisuusvarastot, muut varastot, kauppavarastot) käytetään eri prosenttia kuin muille rakennuksille. Syy tähän on

suuremmiksi arvioidut irtaimistotappiot suhteessa rakennuksen neliöhintaan kuin mitä muiden rakennuksien tapauksessa.



Kuva 4. Irtaimistovahinko prosentteina eri vesisyvyyksillä. Funktion $-2,3424x^2 + 17,182x + 8,1779$ on saatu sovittamalla USACE:n (2003, s. 15, laskennassa $1 \text{ ft} = 0,3 \text{ m}$) aineistoon funktio, kyseessä on yksikerroksinen rakennus, jossa ei ole kellaria.

Voidaan todeta, että vesisyvyys ja tulvan kesto vaikuttavat vain vähän irtaimistovahinkoihin, arviolta alle 5 %. Irtaimistovahinkojen osuus kokonaisvahingoista pienenee vesisyvyyden kasvaessa. Vesisyvyyden ollessa 0,2 m irtaimistovahinkojen ja puhdistuskulujen yhteinen osuus voi olla 50 % kokonaisrakennusvahingoista (asuinrakennukset), mutta vesisyvyydellä 3 m ne ovat enää 30 %. (MCM 2010). Tšekissä kiinteistöjen irtaimiston katsotaan olevan vaarassa vasta kun vedenkorkeus ylittää rakennuksessa 0,7 metriä (Meyer & Messner, 2005).

Irtaimistovahinkojen määrästä on vain vähän tietoa Suomessa. Suomessa tulvavahinkokorvauksia on maksettu vahingosta, joka on aiheutunut välttämättömälle kotitalousirtaimistolle tai ammatin harjoittamisessa valmistuneille tuotteille tai siinä tarvittavalle irtaimistolle. Tulvavahinkotietokannan mukaan Kittilässä v. 2005 haettiin irtaimistokorvauksia vain 4 % haetuista kokonaisvahingoista. Näin ollen vertailukelpoisia lukemia ei Suomesta ollut saatavilla. USA:ssa on todettu, että eri laitosten antamat irtaimistovahinkoarviot poikkeavat toisistaan merkittävästi.

Vähittäiskauppojen irtaimistovahinkojen suuruus arvioidaan rakennusten varastojen arvon perusteella. Vähittäiskaupan toimipaikkojen varaston arvo oli vuoden 2011 ensimmäisellä ja toisella neljänneksellä yhteensä n. 3 500 milj. € ja yhteispinta-ala 9,6 milj. m² (SVT 2010a). Alueelliset erot eivät ole merkittäviä. Vähittäiskaupan toimipaikkojen varaston arvo olisi näin ollen n. 370 €/m² eli n. 25 % rakennustyypin neliöhinnasta.

Teollisuusvarastojen arvo, ”irtaimiston arvo”, oli vuoden 2011 ensimmäisellä ja toisella neljänneksellä n. 15 000 milj. € ja yhteispinta-ala 56,5 milj. m² (SVT 2010b). Teollisuus- ja

varastorakennusten varaston arvo olisi näin ollen n. 270 €/m² eli n. 25 % rakennustyyppin neliöhinnasta. Pelkille teollisuusrakennuksille varaston arvo olisi n. 370 €/m² eli n. 35 % rakennustyyppin neliöhinnasta.

Tutkimusten perusteella irtaimistovahinkojen määrään voidaan vaikuttaa vain vähän. Useissa tutkimuksissa on todettu, että ihmiset siirtävät evakuoinnin yhteydessä vain osan irtaimistosta suojaan tulvavedeltä. Varautumisella on näitä vahinkoja voitu vähentää 5 % (Priest ym. 2011) ja vähemmän jos tulvatilanteesta ei ole varoitettu riittävän ajoissa, esim. yli 8 h ennen tulvaa. Näin ollen on erittäin tärkeä ottaa huomioon irtaimiston arvo vahinkoarviota tehtäessä.

4.1.3 Puhdistuskulut

Puhdistuskuluja syntyy kodin hälytyskäynneistä, kosteuskartoituksesta, kuivauksesta ja tarvittaessa desinfioinnista. Puhdistuskulujen osuus 0,3-3 m vesisyvyyksillä on noin 5-15 % neliöhinnasta. Kevyillä rakennuksilla osuus voi olla alle 5 %. Puhdistuskustannuksille on johdettu MCM (2010) tulosten perusteella synteettinen logaritminen funktio $1,5 \ln[h] + 8$, jonka avulla puhdistuskulut lasketaan osuutena rakennuksen arvonlisäverottomasta uudisneliöhinnasta. Puhdistuskulujen osuus kokonaisvahingosta on yleensä alle 10 %.

Puhdistuskustannuksia oletetaan syntyvän vasta, kun vesi nousee ensimmäisen kerroksen lattiapinnalle. Puhdistuskuluihin ei tehdä rakennuksen ikään liittyvää vähennystä ja niiden prosenttiosuus neliötä kohti on oletettu samaksi kaikille rakennustyypeille. Puhdistuskuluihin vaikuttaa rakennuksen sijainti vain vähän rakennuksen aluetasoisien uudisneliöhinnan kautta. Tulvan kestolla on vain vähäinen vaikutus puhdistuskuluihin (MCM 2010) eli laskennassa puhdistuskustannukset eivät muuta tulvan keston muuttuessa. Kevyille rakennuksille, kuten saunoille, puhdistuskustannukset ovat yleensä pienemmät kuin omakoti- tai kerrostaloille.

4.2 Liikennevahinkojen arviointi

Tulvasta liikenteelle aiheutuvat vahingot voidaan jakaa kahteen osaan: katkenneista liikenneyhteyksistä aiheutuneeseen lisämatkaan ja –kustannuksiin sekä itse liikenneinfrastruktuurille aiheutuneisiin korjauskustannuksiin. Liikennevahinkoarvioinnin perusteita tulisi tarkentaa, etenkin katkenneiden tie- ja rautatieyhteyksien määrän arvioinnin osalta.

Liikennevirasto on laatinut aiheeseen liittyvän selvityksen (Mattila ym. 2009). Lisäksi käynnissä on tulva-alttiiden kohteiden riskiluokittelu. Vahinkoarviointimenetelmää on pyritty kehittämään yhdessä Liikenneviraston (entinen Tiehallinto) kanssa.

Arvioinnissa käytettävät paikkatietoaineistot ovat tieliikennetyypit perustuen Liikenneviraston ylläpitämään Digiroadiin ja rautatiet perustuen Maanmittauslaitoksen maastotietokannan aineistoon. Näillä tiedoilla yhdessä tulva-aluemallinnuksen kanssa saadaan laskettua liikennetyyppiluokittain veden peittämän liikenneyhteyden pituus vesisyvyysluokittain. Arviointimenetelmä ei sovi tarkkojen yksityiskohtaisten arvioiden tekemiseen vaan mahdollisten vahinkojen laaja-alaiseen tarkasteluun. Arviointeihin liittyy runsaasti epävarmuutta esimerkiksi korkeusmallin epätarkkuudesta tiepenkereiden kohdalla, eroosion aiheuttamia vahinkoja ei voida arvioida virtausnopeusmallinnuksen puuttumisen vuoksi eikä kiertoteiden pituutta tai soveltuvuutta voida laskea valtakunnallisella tasolla. Merkittävimpien liikenneyhteyksien vahinkopotentiali olisi aina hyvä arvioida erikseen tapauskohtaisesti.

4.2.1 Lisämatkasta ja –kustannuksista aiheutuva vahinko

Rahallinen arvo liikennevahingolle mallinnetaan käyttäen Liikenneviraston tietoja tieliikennetyypeistä, liikennemääristä ja rakentamisen yksikkökustannuksista mukailten MCM:ssä (2010, luku 6) käytettyä kaavaa. Liikennevahinkojen osuus menetelmällä arvioituista kokonaisvahingoista on noin 5-10 %, mutta pitkäkestoisilla tulvilla osuus voi olla tätä suurempikin johtuen pitkistä liikennekatkoista. Englannin 2007 tulvissa liikennevahinkojen osuudeksi arvioitiin n. 13 % rakennusvahingoista eli noin 10 % kokonaisvahingoista jakaantuen lähes tasan lisäajan kustannuksiin ja liikenneinfravahinkoihin (Chatterton & et al. 2010). Rautatievahinkojen osuudeksi liikennevahingoista arvioitiin noin neljännes. Liikennekatkojen lisäajan arvioiminen on haasteellista, koska tietoa katkenneiden liikenneyhteyksien määrästä ja mahdollisesta lisämatkasta ei ole. Tiedossa on ainoastaan Digiroadin veden peittämien liikenne-elementtien lukumäärä, mutta liikenne-elementit voivat vaihtua toiseen periaatteessa missä tahansa kohdassa tietä eli ne eivät muodostu kahden risteyksen välisestä yhteydestä.

Lisämatkasta aiheutuva vahinko liikennetyypeittäin (digiroad toiminnallinen luokka):

= *lisämatkan pituus * liikennemäärä * kustannus * kesto * katkojen määrä*

Lisämatkan pituudeksi on oletettu teillä vakio 2 km eli sen ei oleteta riippuvan katkenneen tien pituudesta tai vesisyvyydestä. Liikennemäärä perustuu Liikenneviraston liikennemäärät liikennetyypeittäin sisältävään tietilastoon 2010 (Liikennevirasto, 2011) pois lukien yksityistiet ja kevyen liikenteen väylät, joiden liikennemäärä on arvioitu (taulukko 7). Alueellisia tai vuorokaudenajallisia eroja liikennemäärissä ei ole otettu huomioon, vaan koko Suomen keskimääräinen liikennetyypikohtainen vuorokausiliikennemääräkeskiarvo on jaettu tasan tunneittain. Digiroadissa on kenttä liikennemäärää varten, mutta tietoja on vain muutamalta tieyhteydeltä joten niitä ei voida hyödyntää.

Katkojen määräksi on oletettu 4 kpl per 1 km tulvan peittämää tietä kyseisen skenaarion mukaisella tulvalla. Arvio on hyvin karkea, mutta perustuu tulvan peittämien Digiroadin liikenne-elementtien määrään. Kustannus on valtion kilometrikorvauksen suuruinen, joka vuonna 2011 oli 0,45 €/km, kustannus voitaisiin arvioida myös mahdollisen lisäajan perusteella. Kesto on sama kuin tulvan kesto. Katkojen määrää voi muuttaa alueittain. Ajoneuvotyypillä tai ajonopeudella ei oleteta olevan vaikutusta. Ajoneuvossa olevien matkustajien määrää ei ole otettu huomioon, vaan kustannus on aina sama (ajoneuvoissa keskimäärin 1,5 hlö).

Yksittäisen alueen tarkastelussa voidaan pitää suositeltavana selvittää tulvan seurauksena katkeavien yhteyksien määrä ja liikennekapasiteetiltaan optimaalisen kiertotien pituus. Lyhyimmän tai liikennekapasiteetiltaan sopivan kiertoreitin löytämisessä voidaan hyödyntää esimerkiksi ArcMapin Network Analyst –toimintoa tai paikallistuntemusta. Samalla voi tarkistaa liikennemääräarviota Liikenneviraston tietilastosta (Liikennevirasto, 2011).

Taulukko 7. Arvioitavien liikennetyyppien luokittelu (Digiroad toiminnalliset luokat) ja liikennemäärät (Liikennevirasto, 2011).

Liikennetyyppi	Liikennemäärä (ajoneuvoa / h, *=arvio)
Seudullinen pääkatu / valtatie	260
Seudullinen pääkatu / kantatie	125
Alueellinen pääkatu / seututie	75
Kokoojakatu / yhdystie	15
Liityntäkatu / tärkeä yksityistie	15*
Muu yksityistie	5*
Kevyen liikenteen väylä	15*
Sähköistetty rautatie	400* (matkustajaa / h)
Sähköistämätön rautatie	100* (matkustajaa / h)

Rautatieliikenteelle on käytetty samaa kaavaa kuin tieliikenteelle. Erona on ainoastaan se, että oletusliikennemäärä ja lisämatka ovat suurempia. Sähköistetyille rautatielle liikennemääräksi on oletettu 400 matkustajaa (vastaa yhden lähes täyden paikallisjunan paikkamäärää) tunnissa ja katkosta johtuvaksi lisämatkaksi 20km. Sähköistämättömälle rautatielle lisämatka on oletettu samaksi, mutta matkustajamääräoletus on 100 hlö/h. Arviot perustuvat Liikenneviraston rautateiden henkilöliikenne 2011 tilastoon. Tilastojen perusteella liikennemääräksi on laskettu 150-250 matkustajaa tunnissa kun koko henkilöliikennemäärä on jaettu tasan sähköistetyn rataverkon kokonaispituudella. Oletamalla tavaraliikenne likimain yhtä arvokkaaksi kuin henkilöliikenne päästään käytettyyn arvoon 400. Sähköistämättömillä rataosuuksilla ei ole henkilöliikennettä, joten niiden matkustajamääräoletus sisältää vain tavaraliikenteen. Liikennemääräarviota tulisi tarkentaa ja rautatieosuuksien maastomallia parantaa tarkemman arvion saamiseksi. Laskennassa voisi hyödyntää lisämatka-aikaa, jonka laskeminen on esitetty MCM:ssä. Yhden matkustajan myöhästymiskorvauskustannukseksi on laskettu n. 16 €/h ja peruuntumiskorvaukseksi n. 8 €/h. Noin 40 % vuoroista myöhästyisi tulvan takia ja noin 60 % jouduttaisiin perumaan.

4.2.2 Liikenneinfrastruktuurille aiheutuva vahinko

Liikenneinfrastruktuurille tulvasta aiheutuvien vahinkojen arvioiminen perustuu suoraviivaisesti digiroadin tietyyppiluokitukseen sekä vesisyvyystietoon ja tulvan peittämän tieosuuden pituuteen:

$$\text{Liikenneinfrastruktuurille aiheutuva vahinko} = \text{yksikköhinta} * \text{pituus} * \text{vesisyvyyskerroin}$$

Eri tietyyppiluokkien keskimääräiset rakentamisen yksikkökustannukset (€/m) on esitetty taulukossa 8. Tietoja siitä, kuinka suuret korjauskustannukset suhteessa rakennuskustannuksiin syntyvät eri tulvaveden syvyyksillä ei ole saatavilla (esim. vesisyvyydellä 0,5 m korjauskustannukset 10 % rakennuskustannuksista tms.). Nyt vesisyvyyskerroin perustuu likimain rakennuksille aiheutuneiden vahinkojen kasvuun vesisyvyuden mukaan (taulukko 9). Mikäli tiedossa olisi keskimääräinen korjauskustannus per tulvan peittämä tiemetri, niin tällöin tarvitsisi tehdä vain yksi vahinkoarvio eikä kahta kuten nyt on tehty (rakentamiskustannus ja vesisyvyyskerroin). Erityisesti vesisyvyydestä aiheutuvan korjauskustannuksen arviointi aiheuttaa suurta epävarmuutta vahingon arviointiin.

Taulukko 8. Liikenneyhteysien rakentamisen yksikkökustannukset €/m (perushinta, routimaton maaperä). Hinnat sisältävät työn, kiviaineksen, sideaineen, mutta ei ALV:a. (*=arvio). (Tiehallinto 2005, muutettu rakennuskustannusindeksillä vastaamaan vuoden 2010 hintatasoa).

Liikennetyyppi	Rakentamisen yksikkökustannukset (€/m)
Seudullinen pääkatu / valtatie	1484
Seudullinen pääkatu / kantatie	913
Alueellinen pääkatu / seututie	514
Kokoojakatu / yhdystie	400
Liityntäkatu / tärkeä yksityistie	300*
Muu yksityistie	230*
Kevyen liikenteen väylä	114
Sähköistetty rautatie	5000*
Sähköistämätön rautatie	3000*

Taulukko 9. Liikenneinfrastruktuurille aiheutuvien vahinkojen arvioinnissa käytettävät vesisyvyyskertoimet.

Vesisyvyysluokka	Kerroin
0-0,5m	0,05
0,5-1m	0,1
1-2m	0,15
2-3m	0,2
yli 3m	0,3
syvyys puuttuu / tulvasuojeltu	0

Porissa rankkasateen katuverkolle aiheuttamat kustannukset arvioitiin 1 MILJ. €suuruiseksi (n. 65 €/m²) joka oli noin 5 % tulvasta aiheutuneista kokonaisvahingoista. Suurimmat vahingot aiheutti veden virtaus ja pääsy katurakenteisiin esimerkiksi viemäriverkon kautta. Tulvavedestä täyttyneiden alikulkujen ja painannepaikkojen vahingot jäivät ilmeisesti melko vähäisiksi vaikka vesisyvyys olikin suuri. (Porin kaupungin tekninen palvelukeskus, 2008). Menetelmä antaa valtakunnallisesti liikenneinfravahinkojen osuudeksi noin 5 % arvioituista kokonaisvahingoista, mikä vastaa Porin arviota.

4.2.3 Tietojen tarkkuudesta

Käytetyn korkeusaineiston vaikutusta vahinkoarvioiden tarkkuuteen testattiin Rovaniemellä vertaamalla alavien alueiden mallinnuksella (KM10) saatuja vahinkoarvioita saman alueen tulvavaarakartan avulla laskettuihin vahinkoarvioihin. Alavan alueen mallinnus on karkeampi eikä siinä ole otettu huomioon teiden korkeusasemaa (mahdollisia penkereitä) kuten tulvavaarakartassa. Alavan alueen mallilla laskettuna tulvan peittämien teiden pituus oli 37 % suurempi kuin tarkemman tulvavaarakartan avulla laskettu. Suurin ero tulvan peittämien tieyhteysien pituudessa oli suurilla vesisyvyyksillä (yli 3 m vesisyvyydellä alavien alueiden mallinnuksen perusteella laskettu oli 10-kertainen tulvavaarakartalla laskettuun pituuteen nähden).

Tietyypeittäin suurin ero oli valta-, seutu- ja kantateillä tai vastaavasti seudullisilla tai alueellisilla pääkaduilla. Suurilla vesisyvyyksillä aiheutuvat vahingot olisivat alavien alueiden mallinnuksen perusteella jopa 2,5 kertaa suuremmat kuin tulvavaarakartan korkeusmallin perusteella lasketut vahinkoarviot. Tämä johtuu siitä, että alavien alueiden mallinnuksessa suurimpien vesisyvyyksien peittämien teiden pituudet ovat merkittävästi suurempia (yli 3 m vesisyvyydellä 10-kertaiset). Tämä

johtuneen lähinnä puutteellisesta siltojen huomioon ottamisesta ko. mallissa, mitä puoltavat myös suuret erot vahinkoarvioissa merkittäväillä tyypillisesti normaalia enemmän siltoja sisältävillä yhteyksillä.

Liikennekatkosta aiheutuneen lisäajan vahinkoarvioiden osalta käytetyn tulvamallinnuksen tarkkuus ei ole aivan yhtä merkittävä; alavien alueiden mallinnuksella vahinkoarviot olisivat noin puolitoistakertaiset tarkemmalla tulvavaarakartalla laskettuihin vahinkoarvioihin nähden. Johtopäätöksenä voidaan todeta, että jos käytössä on epätarkka tulvamallinnus, arvioidut vahingot ovat todennäköisesti todellisia suuremmat.

4.3 Pelastustoimen kustannusten arviointi

Pelastustoimen kustannuksiin lasketaan mukaan pelastustoimen operatiivisten kustannusten lisäksi tilapäismajoituksen kustannukset. Pelastustoimen kustannuksilla tarkoitetaan paikallisten pelastuslaitosten kustannuksia, alueellisen ELYn tulvantorjunnan kustannuksia, kuten tilapäisrakenteita ja teiden tilapäiskorjauksia. Pelastustoimen operatiivisiin kustannuksiin sisällytetään evakuointi, tulvien ehkäisy, teiden ja siltojen tulvan aikaiset korjaustoimenpiteet, palolaitoksen toiminta ja poliisilaitoksen toiminta

Brittien tutkimusten (MCM) mukaan pelastustoimen kustannukset ovat 5-11 % tulvan kiinteistöille aiheuttamista kustannuksista. Tiheästi asutussa taajamassa kustannusten on todettu olevan pienempiä kuin harvaan asutuilla alueilla. Oletusarvona Suomen taajamissa, Haahtelan indeksialueilla 1-3 (pääkaupunki ja sen ympäristökunnat sekä kehyskunnat), voidaan käyttää arvoa 5 % (eli rakennuksille aiheutuneet vahingot * 0,05) ja muilla asutuilla alueilla arvoa 6,5 %. Esimerkiksi Lapissa voi kuitenkin olla perusteltua käyttää tätä suurempiakin arvoja suurien etäisyyksien takia.

Pelastustoimen kustannuksia laskettaessa käytetään arvonlisäverottomia uudisrakennusten mukaisia rakennusvahinkoarvioita. Rakennuksen alueellinen sijainti vaikuttaa pelastustoimen kustannuksiin rakennusten alueellisten neliöhintojen kautta, mutta toisaalta halvemman rakentamisen alueille käytettävä suurempi pelastustoimen kustannusprosentti korjaa tämän eron.

MCM:n arvio perustuu pelastuslaitoksille tehtyyn kyselyyn tapahtuneiden tulvien kustannuksista. Kyselytutkimuksessa kysyttiin muun muassa tehtyjen työtuntien, ylityötuntien ja palkkakustannusten määrää, käytettyjen pelastustoimen ajoneuvojen määrää ja ajettuja kilometrejä, laitteistokustannuksia sekä muita mahdollisia kustannuksia. Vuoden 2000 tulvatilanteessa Yorkshiressa pelastustoimen kustannukset jakaantuivat tutkimusten perusteella suunnilleen seuraavasti: evakuointi 4 %, tulvien ehkäisy 37 %, teiden ja siltojen tulvan aikaiset korjaustoimenpiteet 20 %, palolaitos 15 % ja poliisilaitos 24 %. Kokonaisuudessaan pelastustoimen kustannukset kokonaisrakennuskustannuksista olivat 10,7 %. (lähde: MCM, kappale 6 lisätaulukot, table 6.14)

Pelastustoimen resurssi- ja onnettomuustilastosta (PRONTO) saadaan tiedot pelastustehtäviin käytetyistä henkilötyötunneista. Tiedot eivät välttämättä kuitenkaan ole kattavia ja niitä on saatavilla vuodesta 1996 lähtien ja koordinaatteineen vuodesta 2002. Tilastosta on muodostettu paikkatietoaineisto ympäristöhallinnon sisäiseen käyttöön. Tiedot sisältävät myös kuolleet, loukkaantuneet, evakuoitujen ja joistakin tapauksista omaisuusvahingot ([lisätietoa](#)). Lisäksi on vielä selvitettävä, miten pelastustoimen kustannukset jakaantuvat henkilökustannusten sekä laite- ja toimenpidekustannusten välillä.

PRONTO:n pelastustehtävien työtuntien kustannusten arvottaminen perustuu Helsingin pelastuslaitoksen tekemiin tarkasteluihin toteutuneiden pelastustehtävien tuntihinnoista v. 2010 (Siitonen, 2011). Yhden pelastajan tuntihinta on 132 €/h kun otetaan huomioon pelastustoimen kokonaiskäyttökustannukset ja 247 €/h kun mukaan lasketaan tukipalvelut, poistot ja vakuutukset. Tuntihinta on laskettu sillä perusteella, että yksi pelastushenkilö on toimintavalmiudessa 24 tuntia vuorokaudessa ja 365 päivää vuodessa. Tämä edellyttää noin viiden pelastushenkilön pitämistä palkattuna. Tiedoissa ei pitäisi olla suuria eroja eri pelastuslaitosten välillä.

Vapaaehtoisen toiminnan osalta vastaavaa varallaolovalmiutta ei tarvita, eikä sitä siten huomioida kustannusten laskennassa. Yhden vapaaehtoisen henkilön pelastusaputoiminnan tuntihinnaksi saadaan näin ollen 26 €/h (=132€/5,14, käyttökustannukset) tai 48 €/h (=247€/5,14, kaikki oheiskustannukset). Vapaaehtoisten panosta pelastustoimiin on kuitenkin vaikea selvittää, eikä sitä voida siksi arvioida kovinkaan tarkasti.

Pelastustoimen kokonaiskustannusten arviointia henkilötyömäärän avulla testattiin Isonkyrön v. 2006 jääpatotulvatilanteen tiedoilla. Edellytykset testaamiselle olivat: vuoden 2004 jälkeinen tulvatilanne, riittävät tiedot pelastustoimen työtunneista PRONTOsta sekä tapahtunutta tulvaa vastaava tulvamallinnus paikkatietoaineistona. Muilla alueilla testaaminen ei olemassa olevien tietojen perusteella ollut mahdollista.

Isonkyrön v. 2006 jääpatotulvatilanteessa edellä esitetyn mukaisesti lasketut pelastustoimen kustannukset olisivat olleet 2,4 – 6,1 % kokonaisrakennusvahinkokustannuksista. Saatu prosenttiarvo riippuu siitä, lasketaanko mukaan vain pelastustoimen käyttökustannukset vai myös sivukulut sekä kulut vapaaehtoisten työpanoksesta. Jos otetaan huomioon vain käyttökustannukset ja oletetaan vapaaehtoisten tehneen saman työmäärän kuin mitä pelastustoimi on kirjannut hälytysselesteisiin tulvatapahtuman aikana, saadaan pelastustoimen kustannusten osuudeksi 3,3 % kokonaisrakennuskustannuksista. Tämän tapauksen perusteella voidaan arvioinnissa olettaa pelastustoimen kustannusten olevan vähintään 3 % kokonaisrakennuskustannuksista. Isonkyrön tapauksessa pelastuspalvelu joutui vuokraamaan käyttöönsä kalustoa (mm. useita kuorma-autoja soran kускаamiseen), joten pelastuspalvelun osuus olisi ollut todellisuudessa selvästi enemmän kuin 3 %.

Tilapäismajoituksesta aiheutuvien kustannusten arviointi kuuluu pelastustoimen kustannusten arvioinnin kanssa samaan ryhmään. Tilapäismajoituskustannukset muodostuvat tulvan kestosta, asukkaiden määrästä tulva-alueella ja majoituskustannuksesta (oletuksena 20 €/hlö/vrk eli yksinkertainen lattiamajoitus tms.). Tulvan kesto arvioidaan kyseessä olevan skenaarion perusteella ja majoitusaika on sama kuin tulvan kesto. Vesisyvyydellä ei ole merkitystä ja jo vesisyvyydellä 0-0,5 m kaikkien kyseessä olevalla vesisyvyydellä olevien rakennusten asukkaiden katsotaan tarvitsevan tilapäismajoitusta. Tilapäismajoituksen kustannukset muodostavat arvioinnissa hyvin pienen osan (<1 %) kokonaiskustannuksista. Englannin 2007 tulvissa tilapäismajoituskustannukset olivat 3-5 % kokonaisrakennusvahingoista, mutta arviossa on otettu huomioon myös tulvan jälkeinen tilapäismajoituksen tarve. Noin kolmannes kotitalouksista asui tilapäisessä osoitteessa vielä lähes vuosi tulvan jälkeen (Chatterton ym. 2010).

4.4 Ajoneuvoille aiheutuvat vahingot

Vaadittavia tietoja vahinkojen arvioimiseksi ovat alueen asukkaiden määrä, keskimääräinen ajoneuvotiheys henkilöä kohden, ajoneuvojen keskimääräinen hinta sekä vahingoittuvuustiedot. Menetelmällä on laskettu vahingot autoille (kaikki autotyypit, ei mopot yms.).

*Vahinko autoille = asukkaiden määrä alueella * autotiheys * auton hinta * vahingoittuvuuskerroin * ennakkovaroituksen vaikutus*

Näin saatu arvio on erittäin karkea. Suurin epätarkkuus arvioon aiheutuu ajoneuvon hinnan olettamisesta keskimääräiseksi, vesisyvyydestä riippuvasta vahingoittuvuuskertoimesta sekä erityisesti ennakkovaroituksen vaikutuksen arvioinnista. Autotiheys on oletettu olevan vuoden 2011 mukaisesti 0,636 autoa per henkilö (lähde: Trafi/automäärä ja väestörekisterikeskus/henkilömäärä). Autokannan keski-ikä oli v. 2011 13 vuotta, Noin 13 vuotta vanhojen autojen keskihinta on 4000-6000 euroa (Auto1 2012), Auton hinnaksi on oletettu laskennassa 5 000 € Arviolta 90 % ehtii siirtää auton turvaan, jos ennakkovaroitusaika on yli 12 h (USACE 2009, s. 4). Rankkasadetulvilla varoitusaika on alle 6 h ja arviolta 50 % ehtii siirtää ajoneuvon turvaan (USACE 2009, s. 4) Arvoa voi halutessaan muuttaa.

Vahinkoasteeksi arvioitiin 0-0,5 m 25 %, 0,5-1,0 m 50 %, 1,0-2,0 m 75 % ja yli 2 m vesisyvyyksillä 100 %, perustuen USACE (2009, s. 3) esitettyihin arvioihin ajoneuvovahingoista.

4.5 Liikevoiton ja palveluiden menetyksen arviointi

Liike- ja teollisuuslaitosten tuoton- tai palveluiden menetys on syytä ottaa vahinkoarvioissa aina huomioon, jos niillä on merkitystä viennin tai koko kansantalouden kannalta. Tuotannon keskeytys tai lopettaminen tulva-alueella voi johtaa tuotannon lisäykseen tai korvaamiseen toisella alueella. Tällöin tuotannon kansantaloudelliset menetykset voivat olla huomattavasti pienempiä kuin tilanteessa, jossa hävinnyt tuotanto joudutaan korvaamaan lisäämällä tuontia. Kansallista menetelmää näiden vahinkojen arvioimiseksi ei ole kehitetty, joten vahingot tulee arvioida tapauskohtaisesti.

MCM:ssä epäsuorien vaikutusten huomioon ottamista suositellaan vain, jos:

- teollisuuslaitosten tuotanto on selvästi erikoistunut eikä ole korvattavissa maan sisällä
- tuotteiden käyttäjät joutuvat etsimään korvaavan vaihtoehdon ulkomailta
- tuotteiden käyttäjät muissa maissa joutuvat etsimään korvaavan vaihtoehdon jostakin muusta kuin tulvasta kärsineestä maasta.

Tärkeille tulvariskialueille suositellaan MCM:ssä tekemään yksittäinen tarkastelu (tarkastellaan rakennuksen kustannusten lisäksi siihen liittyvien palveluiden arvoa, siirrettävien tavaroiden arvoa, kiinteän irtaimiston arvoa, varastotavaroiden ja raaka-aineiden arviota sekä tappiota kilpaileville ulkomaalaisille yrityksille) (MCM appendix 5.7.). Suomessa tällainen tarkempi tarkastelu voisi tulla kyseeseen vain muutamalla merkittävällä tulvariskialueella.

Porin rankkasadetulvaraportissa (Porin kaupungin tekninen palvelukeskus, 2008. s. 23) liiketoiminnan katkosta aiheutuvien kustannuksien osuudeksi tulvan kokonaiskustannuksista on arvioitu noin 5 %. Englannin 2007 tulvissa liiketoiminnan katkon kustannukset arvioitiin 5-9 % suuruisiksi kokonaisrakennusvahingoista (Chatterton ym. 2010).

4.6 Veden- ja energianjakelun toimintakatkoista aiheutuvat menetykset

Vesilaitosten ja vedenpuhdistamoiden toimintakatkoista aiheutuvien taloudellisten vahinkojen arviointia kansallisella menetelmällä ei voida nykyisellään tehdä. Tällaisia tulvatapahtumia on Suomessa hyvin vähän ja alueelliset erot voivat olla suuria. Vahingot voidaan arvioida tapauskohtaisesti.

Vesi- ja viemärlaitosten kustannukset (suorat + epäsuorat) ovat olleet Briteissä erittäin poikkeuksellisen ja laajan tulvan aikana jopa 10 % kokonaisvahingoista (MCM2010, Viavattene ym. 2010). Vesi- ja viemärlaitoksille aiheutuvien vahinkojen osuus ei siten saisi olla paljon suurempi kuin 10 % rakennusvahinkojen kokonaissummasta.

Tulvavahinkotietokannan mukaan voimalaitoksille tai muuntoasemille ei ole Suomessa maksettu tulvavahinkokorvauksia ainakaan vuoden 2004 jälkeen. Lapuan tulvariskien hallinnan yleissuunnitelmassa (Nyman ym., 2011. luku.4.4.) on annettu vahinkokustannuksia eri rakennetyypeille (esim. muuntamot ja jakokaapit), mutta nämä vahingot koskevat siis itse rakennetta eivätkä sen toimintakatkosta aiheutuneita vahinkoja. Myös energianjakelun taloudelliset kustannukset voitaisiin arvioida tarvittaessa erikseen. Englannin 2007 tulvissa energian- ja kaasunjakelun vahingot arvioitiin 4-8 % suuruisiksi kokonaisrakennusvahingoista (Chatterton ym. 2010).

4.7 Maa- ja metsätalousvahingot

Arviointimenetelmä on laadittu merkittävien tulvariskialueiden ja tulvakartoitettujen alueiden vahinkopotentiaalın laskemiseen. Maatalousvahingot ovat yleensä vähäisiä merkittävillä tulvariskialueilla, joten niitä ei ole tässä otettu huomioon. Ne tulee ottaa huomioon vesistökohtaisessa tarkastelussa, etenkin jos toimenpiteellä voidaan vaikuttaa peltojen kastumiseen.

Maanviljelyn vahinkoja koskevia selvityksiä on tehty aiemmin (mm. Syrjälä ym. 1995). MMM:n/Maaseutuviraston tietopalvelukeskuksen tulvavahinkotietokannasta löytyy tiedot vuoden 1995 jälkeen haetuista ja myönnettyistä tulvavahinkokorvauksista vahinkokohteittain (mm. puutarhavahinko, puustovahinko, peltokasvien korjattu sato, muut kustannukset). Kiinteistötunnuksen avulla aineisto voidaan esittää paikkatietona ja näin ollen voitaisiin arvioida vahinkoja €/ ha jos tiedossa olisi kuinka suurelle alalle ja missä kohdassa vahinkoa on aiheutunut. Paikkatieto liittyy kiinteistöön eikä pelto- tai metsälohkoon, ja lisäksi kiinteistötunnuksen avulla geokoodattujen paikkatietojen sijaintitarkkuus ei ole kovin tarkka.

Toinen lähestymistapa maa- ja metsätalousvahinkojen arviointiin on SLICES –maankäyttöaineiston kautta. Maa- ja metsätalousalueiden pinta-alat tulva-alueella on laskettu jo tunnuslukutiedostoihin. Lisäksi käytössä olisi MMM:n/Maaseutuviraston tietopalvelukeskuksen peltolohkorekisteri, jossa on tiedot muun muassa peltolohkojen pinta-aloista ja vallitsevasta kasvilajikkeesta. Kun tähän lisätään, mahdollisesti kasvilajikohtainen, vahinkoarvio €/ ha (sisältäen sadon menetyksen ja toimenpiteet) sekä vahinkofunktio, saadaan karkea arvio vahingoista.

Tulvan kestolla ja ajankohdalla on kuitenkin suuri merkitys vahinkojen todelliseen määrään. Erityisesti metsätalouden osalta vahinkoja ei välttämättä aiheudu vielä suurillakaan vesisyvyyksillä jos tulvan kesto on lyhyt ja virtausnopeus pieni. Maa- ja metsätalousvahinkoihin vaikuttaa tulvan toistuvuus (mahdollisesti enemmän kuin yksi tulva samana vuonna), maaperän koostumus ja

mahdollisesti saastunut tulvavesi. Suurta virhettä aiheuttaa myös tulvamallinnus, joka ei ota huomioon sala- tai avo-ojia ja niiden kapasiteettia eli todellisuudessa pelto voivat kärsiä tulvavahinkoja vaikka tulvamallinnuksen mukaan vesi ei peittäisikään peltoa tai vastaavasti vesi voi virrata pois pelloilta ojia pitkin, vaikka mallinnuksen mukaan pelto olisi veden peitossa.

Englannin 2007 kesätulvissa aiheutuneiden maatalousvahinkojen arvioitiin olevan noin 2 % kokonaisvahingoista (Chatterton ym. 2010). Suomessa osuus olisi luultavasti suurempi.

4.8 Muut vahingot

Satama- ja lentoliikenteen taloudellisten vahinkojen arviointi suoritetaan tapauskohtaisesti tarpeen mukaan. Tarvittaessa voidaan kehittää valtakunnallinen karkea menetelmä arviointiin. Menetelmä voisi satamien osalta pohjautua tunnusluvuista saataviin sataman pinta-aloihin (SLICES-aineistosta) ja erillisiin määriteltäviin yksikköhintoihin (€/ha). Lentokenttien osalta arviointi voisi perustua lentokentän pinta-aloihin, matkustajamääriin vuorokaudessa ja matkustajakohtaiseen hintaan (€/hlö).

5 ARVIOIHIN LIITTYVÄT EPÄVARMUUKSET JA NIIDEN MERKITYS

Epävarmuuksia tarkastellaan vahingoittain:

- Rakennusvahingot
- Liikennevahingot
- Pelastustoimen kustannusten
- Ajoneuvovahingot
- Liikevoiton ja palveluiden menetyksen
- Veden- ja energianjakelunkustannukset
- Maa- ja metsätalousvahingot

Rakennusvahingot on jaettu rakennevahinkoihin, irtaimistovahinkoihin ja puhdistuskuluihin. Rakennevahinko funktion epävarmuus on esitetty USACE-julkaisussa. Vahingon keskihajonta on 1,5 – 3 % valitulle funktiolle, joka edustaa 1 kerroksisen kellarittoman omakotitalon vahinkoja. USACE:n mukaan 2 kerroksinen kellarittoman funktion keskihajonta on suurempi eli 2 - 4 %. Useampitasoisen rakennuksen funktion virhe on vielä tätäkin suurempi ollen 2- 5 %.

Vahinkofunktion nollakohdan ja maanpinnan määrittämiseen liittyy myös virhe ja jo 10 cm virhe lattiapinna tason määrittämisessä muuttaa 10 % rakennevahinkoja ja vastaavasti irtaimistovahinkoja. Puhdistuskustannuksiin vaikutus on pienempi. Kokonaisvahinkojen muutos on tällöin alle 10 %. Rakennevahinkojen osuus kokonaisvahingoista on yleensä yli 40 %. Kaava perustuu USACE (2003) arvioihin, eikä ota huomioon, että Suomessa alapohjan paksuus olisi suurempi kuin USA:ssa.

Tulvakartoituksessa rakennukset on luokiteltu vesisyvyysluokkiin, mistä aiheutuu noin muutaman prosentin suuruinen virhe, jos rakennukset ovat jakaantuneet vesisyvyysvyöhykkeelle tasaisesti. Mikäli rakennukset ovat jakaantuneet epätasaisesti eli ne sijaitseva pääosin välillä 0-0,25 m voi vahinkoarviossa olla 20 % virhe, johtuen vesisyvyysluokittelusta. Kittilän pilotissa testattiin vahinkoarvioiden laskemista samoille rakennuksille luokittelemattomilla korkeusmallin mukaisilla vesisyvyyksillä ja luokiteltuja tulvavaarakarttojen vesisyvyyskäyttäen. Rakennusten vahinkoarviot muodostuivat yhtä suuriksi molemmilla tavoilla. Tarkkoja paikan päällä tehtyjä

mittauksia tulvavaarakartan luokiteltujen vesisyvyyksien sijasta käytettäessä muodostui vahinkoarvio 15 % suuremmaksi. Otos oli pieni, eikä tulosta voi yleistää. (Parjanne & Silander, 2012).

Rakennusten neliöhinnaksi valittiin rakennuksen uudishinta eli päätettiin olla ottamatta huomioon rakennuksen kuntoa tai ikää. Espoossa 391 rakennukselle tehdyn arvion mukaan suurin yksittäinen rakennusten nykyhintaisten vahinkokustannusarvioinnin virhe aiheutuu peruskorjausten vaikutusten jättämisestä arvioinnin ulkopuolelle. Tästä aiheutuvan virheen maksimi on rakennusten uudishintojen keskiarvo vähennettynä nykyhintojen keskiarvolla. Virheen maksimin vaikutus kokonaisarvioon oli noin +20 % (Espoo 2006). RHR:n puutteellisuudesta johtuen peruskorjaustietoja ei voida hyödyntää arvioinnissa. Haahtela-indeksin hintatasoalueuokittelu vaikuttaa kokonaisarvioon maksimissaan n. 15 % (indeksitasoalueiden 1/pääkaupunkiseutu ja 5/muu Suomi välinen ero).

Menetelmän kehittämisen yhteydessä testattiin kerrosalan jakamista kerroksittain ja sen vaikutusta vahinkoihin Kittilän 1/70a keskimääräisen tulvan toistuvuuden pilottialueella ja kaikilla 1/250a tulvavaarakartoitetuilla alueilla. Jos kerrosala jaetaan tasan kerroslukumäärän perusteella, saadaan kerrosalaksi ja siten myös vahingoiksi n. 25 % pienempi lukema kuin tilanteessa, jossa arviointiperustana on käytetty koko rakennuksen kerrosalaa. Menetelmä jakaa kerrosalan tasan kerroksiin, mutta ei ota huomioon, että kerrosala voi olla epätasaisesti jakaantunut kerrosten välillä.

Irtaimistovahinkofunktion virheeksi on arvioitu vain 1-2 %. Kaksikerroksisen rakennuksen kohdalla virheeksi on arvioitu 2-4 %. (USACE 2003, s. 15). Liike- ja varistorakennuksille arvioitu korkeampi irtaimistoprosenttiosuus rakennuksen neliöhinnasta voi myös tämän lisäksi aiheuttaa maksimissaan 2-4 % virheen kokonaisvahinkoarvioon.

Arvonlisäveron huomioon ottaminen kaikilla rakennustyypeillä korottaisi menetelmällä laskettujen vahinkoarvioiden perusteella kokonaisvahinkoarviota noin 6-8 prosentilla. Alueella sijaitsevien rakennusten toiminnot ja kerrosala vaikuttavat tähän kuitenkin merkittävästi.

Vuodenajalla on merkittävä vaikutus rakennevahinkoihin. Talvitulva vaikeuttaa rakennusten korjaamista ja pidentää veden viipymäaika (jää) rakenteissa. Näin ollen vahinkojen määrä kasvaa. Tulvan keston pidentyminen muutamasta tunnista yli vuorokauteen lisää tulvavahinkoja yli 30 %. Vuorokauden ja pidemmän, kuitenkin alle kuukauden kestävän, tulvan välillä vaikutus vahinkoarvioon on kuitenkin vain muutamia prosentteja.

Puhdistuskulujen osuus rakennuksen neliöhinnasta on välillä 5-15 % (MCM 2010). Kevyillä rakennuksilla osuus voi olla kuitenkin tätä pienempikin. Menetelmässä on käytetty oletuksena asuinrakennuksen 1m vesisyvyyden osuutta 8 %, jonka maksimivirhe kokonaisarvioon on 6-8 %.

Liikennevahinkojen osalta liikenneinfravahinkoja on verrattu toteutuneisiin vahinkoihin, mutta liikenteen lisämatkasta ja -kustannuksista aiheutuvalla vahingolla ei vielä ole löydetty vertailupohjaa. Suurin epävarmuus liikenteen lisäajan arvioon aiheutuu siitä, että tiedossa ei ole kuinka monta tieyhteyttä tarkastelualueella on yhteensä liikennöintikelvottomana tulvatilanteessa tai monesta kohtaa tietty kahden risteyksen välinen tieyhteys on poikki. Katkojen määrä, eli niiden kohtien määrä jossa vesi on noussut tielle, ei kerro katkenneiden tieyhteyksien määrää, koska yksi kahden risteyksen välinen tieyhteys voi tulla useasta eri kohdasta. Yksikin veden peittämä kohta tieyhteydellä aiheuttaa kiertotien ottamisen käyttöön, jolloin lisämatkasta aiheutuvien kustannusten arvioinnin kannalta on aivan sama onko risteysten välinen tie poikki yhdestä vai useammasta kohtaa. Lisäksi suuret alueelliset erot, esimerkiksi liikennemäärissä ja kiertoteiden pituuksissa

aiheuttavat huomattavaa epävarmuutta arvioon. Merkitys kokonaisvahinkoarvioon on kuitenkin pieni.

Pelastustoimen kustannukset ovat arviolta 5 - 11 % tulvan kiinteistöille aiheuttamista kustannuksista MCM:n mukaan ja Suomessa toteutuneiden kustannusten perusteella aina yli 3 %. Tiheästi asutussa taajamassa kustannusten on todettu olevan pienempiä kuin harvaan asutuilla alueilla.

Ajoneuvovahinkofunktion tarkkuus on arviolta 0-10 % eri vesisyvyyksillä ajoneuvotyypistä riippuen USACE (2009, s. 3) mukaan. Ajoneuvovahinkoihin voi vaikuttaa merkittävästi jos ennakkovaroitusaika on yli 6 h, tällöin arviolta 90 % autoista ehditään siirtämään turvaan ja alle 6 h varoitusaikojenkin yli 50 %. Ajoneuvon hinnan arviointiin liittyvä virhe on todennäköisesti yli 20 %. Vesisyvyyden arviointiin liittyy suurempi virhe, koska autojen sijaintia ei voida tietää ennalta. Laskennassa on oletettu auton sijaitsevan rakennuksen kohdalla, tosin arkipäivisin suurin osa voi olla autolla töissä, mikä sekin vaikuttaa vahinkoarvioon. Toisaalta toimisto-, varasto-, ja kaupparakennusten alueella asukkaiden määrä on tyypillisesti hyvin pieni ja menetelmän perusteella alueen ajoneuvovahingotkin olisivat siten hyvin pienet.

Muiden vahinkojen osalta epävarmuusarviota ei ole tehty.

Mahdollisia menetelmän jatkokehityskohteita:

- Resurssitarpeiden ja pelastustoimen kustannusten arviointi tulvatilanteessa. Mahdollisista tulevaisuuden tulvatapahtumista tulisi kerätä tietoa.
- Tulvan keston ja virtausnopeuden vahingollisten vaikutusten arvioinnin tarkentaminen.
- Irtaimiston arvon selvittäminen sekä ennakkovaroituksen merkitys sen suojaamiseksi.
- Maatalousvahinkojen arviointimenetelmän kehittäminen.
- Tulvariskien hallinnan toimenpiteiden vaikutus tulvavahinkoihin eli esimerkiksi kuinka paljon vahinkoja pystytään pienentämään veden pumppaamisella kellarista.
- Vakuutusyhtiöiden tulvavakuutustietojen hyödyntäminen osana arviointiprosessia ja vahinkofunktioiden tarkistaminen tarvittaessa.
- Tulvariskin vaikutus tulvavaara-alueella sijaitsevien kiinteistöjen arvoon

6 VAHINKOARVIOISTA HYÖTYJEN ARVIOINTIIN

Vahinkoarviot antavat tulokseksi vahingot tietyllä vesisyvyydellä $D(h)$ (tai tietyllä $D(HQ)$ -arvolla), joka vastaa tiettyä tulvan toistuvuutta ”todennäköisyyttä”. Vahinkofunktioiden etuna on, että ne ovat jatkuvia ja siten integroituvia tietyllä välillä, joten tulvariskin laskenta on helppoa. Yleensä tulvienhallinnassa käytetään vuosivahingon odotusarvoa (expected annual damage, EAD; annual average damage AAD), joka voidaan laskea, kaavalla

$$EAD = \int_0^{\infty} D(h)f(h)dh$$

jossa $D(h)$ on vahinko tietyllä vedenkorkeudella h , joka esiintyy todennäköisyydellä $f(h)dh$, jossa $f(h)$ on todennäköisyystiheysfunktio (PDF). Kaavassa vahinko tietyllä vesisyvyydellä on ”vakio” ja perustuu tulvariskialueelle laskettuihin arvoihin. Ilmaston muuttuessa tietyllä vesisyvyydellä oleva vahinko $D(h)$ ei yleensä muutu, vain ainoastaan tämän tapahtuman todennäköisyys.

Vuosivahingon odotusarvon etuna on, että eri tulvariskialueiden vahinkojen vertaaminen voidaan tehdä yhdenmukaisesti. Kaavan integroimisväli valitaan tarkasteltavien hyötyjen ja tai valitun

toimenpiteen vaikutusvälin perusteella. Kaava ei ota huomioon rahavirran ajallisen jakautumisen muutoksia, esim. reaalihintojen muutoksia, joten ne täytyy ottaa huomioon diskonttaamalla.

Entä epävarmuudet? Voidaan sanoa, että mitä suuremmat vahingot ovat, sitä luotettavampaa menetelmää tulisi käyttää. Vahinkojen ollessa kymmeniä miljoonia euroja olisi hyvä ottaa huomioon epävarmuudet kustannushyötyanalyyseissä sekä arvioida välilliset vahingot, kuten pelastustoimen kustannukset. Pienempien tulvien arvioinnissa voisi tehdä vain osittaisen herkkyysanalyysin (minimi ja maksimiarvot), laskea vuosivahingon odotusarvon (EAD) sekä tehdä kustannushyötyanalyysejä eli laskea nettonykyarvot eri vaihtoehdoille. Tulvavahinkojen ollessa vähäiset ei herkkyysanalyysillä ja epävarmuuksien huomioon ottamisella saavuteta yleensä suuria kustannussäästöjä.

Päätöksenteko? Yleensä käytetään ainakin kustannushyötyanalyysejä. Kustannushyötyanalyyseissä hankkeen toteutus päätös tehdään vain jos hankkeen nettonykyarvo on positiivinen, lasketut nettohyödyt ovat positiiviset ja yhteiskunta hyötyy hankkeesta. Lisäksi on mahdollista laskea myös muita tunnuslukuja, kuten tehokkuuskriteerinä käytetty kustannus-hyötysuhde tai nettohyötyä, joka on kustannusten ja hyötyjen nettonykyarvojen suhde.

Kustannuslaskennassa usein tehty virhe on soveltaa vaikutus per kustannussuhdetta (Jonkman ym. 2004) ja kutsua sitä kustannus-hyötysuhteeksi. Tällöin hyöty vältetyistä vahingoista jaetaan kustannuksilla, ilman että lasketaan nettonykyarvoja, mutta puhutaan edelleen kustannus-hyötysuhteesta. Silloin, kun virhettä ei huomata se voi johtaa kannattamattomien hankkeiden toteuttamiseen.

Vahinkolaskelmissa tulee kiinnittää erityistä huomiota vahinkoarvion tekemiseen, mikäli tulva toistuu usein esim. kerran kahdessakymmenessä vuodessa, koska sillä on erittäin suuri merkitys odotettavissa oleviin vuosihyötyihin ja sitä kautta päätöksentekoon. Kustannuslaskennassa hankkeen keston eli hyötyjen keston aikana käytetään yleensä alle 100 vuotta, ruoppauksen ollessa kyseessä on investoinnin kesto yleensä ruoppausvälin pituinen. Reaalikoron valintaa tulee kiinnittää erityistä huomiota, Englannissa se on yleensä 2,5 - 3,5 % alle 125 vuotta kestäville hankkeille (HM Treasury 2010). Penkereen rakentamiskustannukset vaihtelevat merkittävästi suhdanteiden mukaan, kuin myös korko, mikä voi oleellisesti vaikuttaa toimenpiteen nettohyötyihin.

Vahingon vuosittaisen odotusarvon kaava, ei ota huomioon kansantalouden kasvua, joten se antaa alarajan vahingon odotusarvolle. Tosin vahinkolaskelmissa ei ole tehty rakennuksen ikään liittyvää neliöhinnan vähennystä, mikä osin ottaa huomioon rakennusmääräysten tiukentumisen ja rakennusten varustelutason paranemisen vaikutuksen neliöhintojen kautta. Kansantalouden kasvun merkitystä on pitkällä aikavälillä harkittava. Sillä bruttokansantuotteen kasvu, voi vaikuttaa merkittävästi asuntojen neliömäärään tai vaihtoehtoisesti asuntojen neliöhintoihin (Perrels ym. (2009, s. 69). Vanhojen kerrostalojen reaalihintaindeksi on noussut 100:sta 220:een vuodesta 1970-2010 (Suomen virallinen tilasto 2010a), hinnannousu ei välttämättä johdu talouskasvusta.

7 LÄHDELUETTELO

Auto1, 2012. <http://www.auto1.fi/hintaseuranta> [WWW, viitattu 9.8.2012.]

Chatterton J., Viavattene, C., Morris, J., Penning-Rowsell, E. & Tapsell, S. 2010. The costs of the summer 2007 floods in England. Environment Agency, Bristol. ISBN: 978-1-84911-146-1. <http://publications.environment-agency.gov.uk> [viitattu 14.08.2012.]

Espoon kaupunki. 2006. Tulvaongelma Espoossa. Selvitys tulvavaara-alueiden rakennuskannasta ja rakennuspaikoista. Espoon kaupunkisuunnittelukeskuksen tutkimuksia ja selvityksiä B78:2006.

FK. 2011. Rakennuksen hinnan arviointi 2011. http://www.fkl.fi/materiaalipankki/ohjeet/Dokumentit/Rakennuksen_hinnan_arviointi_ohje_2011.pdf [Verkkojulkaisu, viitattu 15.09.2012.] 29 s.

Gissing, A. & R. Blong (2004). Accounting for Variability in Commercial Flood Damage Estimation. Australian Geographer 35:2, 209–222.

Haapala, E. & Rantakokko, K. (2008). Lohjanjärven ranta-alueiden tulvavahinkoselvitys. UUS 2/2008.

HM Treasury. 2010. The Green Book. Appraisal and Evaluation in Central Government. http://www.hm-treasury.gov.uk/d/green_book_complete.pdf. [WWW, viitattu 1.4.2010.]

Juurakko, P. 2007. Lisärakentamisen merkitys Tampereen keskustan kiinteistöjen kunnossapitoon ja arvoon. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan koulutusohjelma. 80 s.

Kellman, I. & Spencer, R. (2004). An overview of flood actions on buildings. Cambridge: Elsevier B.V. 13 s. Saatavilla: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013795204000262>

Koskinen M. 2006. Porin tulvat - hallittuja riskejä? Suomen ympäristö, luonnonvarat, 82 s. URN:ISBN9521122870. ISBN 952-11-2287-0 (PDF).

Laukkanen, diplomityö, TTY 2010

Lehtiö, L., 2009. Suomen vesistötulvavahinkojen yleiset piirteet ja rakennusten tulvavahinkojen mallintaminen. 102 p. Department of Geography, University of Turku.

Lonka, H. & Raivio, T. 2007. Case-selvitys Vaasan kaupunkitulvasta 31.7.2003, loppuraportti. Gaia. 22s.

Liikennevirasto. 2011. Tietilasto 2010. Liikenneviraston tilastoja 6/2011. Helsinki 2011. Verkkojulkaisu pdf (www.liikennevirasto.fi) ISSN-L 1798-811X, ISSN 1798-8128, ISBN 978-952-255-699-8. 52 s.

Mattila, K., Koskela, V-P. & Noukka, J. 2009. Tieverkon tulvariskikohteiden määrittelyssä käytettävät tiedot. Helsinki 2009. Tiehallinto, Keskushallinto. Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 52/2009, 59 s. + liitt. 5 s. ISSN 1457-991X, TIEH tieh-nro, ISSN 1459-1561, TIEH 4000727-v.

- MCM 2010. The Multi-Coloured Manual. The Flood Hazard Research Centre (FHRC). <http://www.mdx.ac.uk/> Verkosta tilattava julkaisu, viitattu 2.8.2012.
- Messner, F. & Meyer, V. 2005. Flood damage, vulnerability and risk perception – challenges for flood damage research. UFZ-Diskussionspapiere, No. 13/2005, <http://hdl.handle.net/10419/45258>
- Messner, F., E. Penning-Rowsell, C. Green, V. Meyer, S. Tunstall & A. van der Veen. 2006. Guidelines for Socioeconomic Flood Damage Evaluation. 170 s. Report Number T9-06-01, FLOODsite.
- Meyer, V. & Messner, F. 2005. National Flood Damage Evaluation Methods – A Review of Applied Methods in England, the Netherlands, the Czech Republic and Germany. FLOODsite Project Report. 44 s.
- Michelson, R. & Saari, A. 2009. Tulvavahinkojen korjauskustannukset. Teknillinen korkeakoulu, Rakenne- ja rakennustuotantotekniikan laitoksen julkaisuja B:14 (TKK-R-B14). Espoo 2009. 82 s. ISBN 978-952-248-200-6.
- Mittakokka Oy. 1989. Päijänteen rakennusvahinkoselvitys. Loppuraportti. Mittakokka Oy. 30.09.1989. 9 s. + liitteet.
- Nyman, T., Hell, K ja Paavilainen, P. 2011. Lapuan keskustaajaman tulvariskien hallinnan yleissuunnitelma. Ramboll Oy. 13.4.2011. 48 s. Saatavilla: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=26469&lan=fi>
- Ollila, M., Virta, H., Hyvärinen, V. 2000. Suurtulvaselvitys. Suomen ympäristö 441. Suomen ympäristökeskus 2000. ISBN 952-11-0795-2.
- Parjanne, A. & Silander, J. (2012). Tulvariskien hallinnan suorien rakennussuojeluhyötyjen pilottitestaus Kittilässä. Julkaisematon raportti. Suomen ympäristökeskus. 8 s.
- Penning-Rowsell, E. et.al. 2005. [The Benefits of Flood and Coastal Risk Management: A Manual of Assessment Techniques. The Middlesex University, Flood Hazard Research Centre. Middlesex University Press, ISBN 1904750524 \(1-904750-52-4\)](#)
- Penning-Rowsell, E. et.al. 2010. [The Benefits of Flood and Coastal Risk Management: A Handbook of Assessment Techniques - 2010. The Middlesex University, Flood Hazard Research Centre. Middlesex University Press, ISBN 978-0-9565567-0-7](#)
- Perrels, A. Silander, J. ym. 2010. The implications of climate change for extreme weather events and their socio-economic consequences in Finland. Valtion Taloudellinen Tutkimuskeskus. The Government Institute for Economic Research. Research Reports 158/2010. ISBN 978-951-561-922-8 (nid.). saatavilla: http://www.vatt.fi/file/vatt_publication_pdf/t158.pdf
- Porin kaupungin tekninen palvelukeskus. 2008. Porin kaupunkitulva 12.8.2007 loppuraportti. <http://www.pori.fi/material/attachments/tekninenpalvelukeskus/ajankohtaistaliikenteesta/raportit/5vA4Hx8Kn/Kaupunkitulvaraportti-lopullinen-22102009.pdf>

Priest, S., Parker, D. & Tapsell, S. 2011. Modelling the potential damage-reducing benefits of flood warnings using European cases a Flood Hazard Research Centre, Middlesex University, Trent Park, Bramley Road, London, N14 4YZ, UK.

RakMK. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma RakMK C2. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=412983&lan=FI> [WWW, viitattu 5.8.2012.]

Reiter, P. 2006. Pato-onnettomuuden vahingonvaaraselvitys

Sane, M. & Parjanne, A. 2009, päivitetty 2012. Tulvariskien alustava arviointi – tekninen osio. Julkaisematon ohje. Saatavilla ympäristöhallinnon intranetistä: Palvelut ja työkalut > Vesivarapalvelut > Tulvat > Tulvakartoitus > Tulvariskien alustava arviointi. 22 s.

Siitonen, M. 2011. Sähköposti 3.9.2011 Mikael Siitoselta pelastuslaitoksen erheellisten automaattisten paloilmoitusten laskutushinnan määrittämisestä Keski-Uudenmaan Pelastuslaitoksen kehittämällä mallilla sekä viestin liite jossa vuoden 2010 toteutuneet tehtävät ja niiden arvioidut kustannukset.

Silander, J. 2010. Vedenpidättämisen taloudellinen merkitys tulvariskien vähentäjänä – koealueena Pori (julkaisematon).

Suomen virallinen tilasto (SVT). 2012. Rakennuskustannusindeksi [verkkójulkaisu]. ISSN=1795-4282. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 20.6.2012]. Saantitapa: <http://www.stat.fi/til/rki/index.html>

Syrjälä, K., Soini, P., Kattelus, L., Marttunen, M. ja Schultz, T. 1995. Kokemäenjoen keskiosan ja Loimijoen alaosan tulvasuojelu. Turku: Lounais-Suomen ympäristökeskus, 1995.

USACE, 1996. Depth-damage relationships for structures, contents, and vehicles. Prepared for U.S. Army Corps of Engineers. New Orleans, Louisiana. June 1996, Final report of G.E.C. Project No. 22316212.

USACE, 2003. [Economic Guidance Memorandum 04-01: Generic Depth-Damage Relationships for Residential Structures with Basements](#) (2003). Guidance for generic depth-damage curves for flood damage reduction studies. CECW-PG 10 October 2003. [Economic Guidance Memorandum 04-01: Generic Depth-Damage Relationships for Residential Structures with Basements](#)

USACE, 2009. [Economic Guidance Memorandum 09-04: Generic Depth-Damage Relationships for Vehicles](#) (2009).

USACE, 2011. <http://www.usace.army.mil/cecw/planningcop/pages/flood.aspx> [WWW, viitattu 15.11.2011.]

Vainio, Terttu, Jaakkonen, Liisa, Nippala, Eero, Lehtinen, Erkki & Isaksson, Kaj. Korjausrakentaminen 2000–2010 [Repair, maintenance and improvement work in Finland]. Espoo 2002. VTT Tiedotteita – Research Notes 2154. 60 s. + liitt. 25 s.

Suomen virallinen tilasto (SVT), 2010a. Kaupan varastotilasto [verkkajulkaisu]. ISSN=1798-8616. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 4.11.2011]. Saantitapa: <http://www.stat.fi/til/kvr/tau.html>. SEKÄ *[Etusivu](#) > [Tilastot](#) > [Kauppa](#) > [Kaupan alueellinen määrävuosiselvitys](#) >2011*

Suomen virallinen tilasto (SVT), 2011b. Teollisuuden varastotilasto [verkkajulkaisu]. ISSN=1797-6545. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 4.11.2011]. Saantitapa: <http://www.stat.fi/til/tva/tau.html>, varastojen neliömäärät RHR2009).

8 KUVAILULEHTI

Tekijät: Jari Silander ja Antti Parjanne

Julkaisija: Suomen ympäristökeskus 24.9.2012

Julkaisun nimi: Tulvariskien hallinnan euromääräisten vahinkojen ja hyötyjen arviointi

Tiivistelmä:

Tulvariskien hallinnan hyötyjen ja haittojen arviointia varten kehitetty menetelmä yhtenäistää ja helpottaa tulvavahinkojen ja toimenpiteiden hyötyjen arviointia. Nyt kustannushyötyanalyysin tekeminen, tehokkaan tulvasuojelutason määrittäminen tai tulvariskin laskeminen on aiempaa helpompaa ja hintojen päivityminen sujuu helposti.

Menetelmä perustuu tulvakarttojen ja paikkatietoaineistojen pohjalta laskettuihin tunnuslukuihin sekä kansainvälisesti yleisesti käytettyihin menetelmiin. Menetelmää on testattu Kittilässä ja tuloksia verrattu aikaisempiin vahinkoarvioihin.

Käytettyjen vahinkofunktioiden avulla voi ennustaa euromääräiset vahingot vesisyvyyden funktiona. Excel-työkalulla voi arvioida rakennus- ja irtaimistovahinkoja, puhdistuskustannuksia, pelastustoimen kustannuksia sekä liikenteelle aiheutuvia vahinkoja. Maatalousvahinkojen arviointia on tarkoitus kehittää vuonna 2013.

Vahinkoarviot on laskettu merkittävälle tulvariskialueille ja tulvavaarakartoitetuille alueille eri tulvan toistuvuuksia vastaaville vesisyvyyksille. Käytännössä vahinkoarviot voidaan tehdä mille tahansa alueelle, mutta arvioiden tarkkuus riippuu suuresti käytettävissä olevan maanpinnan korkeusmallin tarkkuudesta. Myös paikkatietoaineistojen epätarkkuus aiheuttaa virheitä. Menetelmä ei sovellu yksittäisten kohteiden vahinkojen arviointiin.

Menetelmä on kehitetty ensisijaisesti vesistö- ja merivesitulvavahinkojen arviointiin. Kaikkia tulvavahinkoja ei voida yksiselitteisesti arvottaa, joten menetelmällä ei voida arvioida kokonaisvahinkoa. Esimerkiksi ympäristölle ja kulttuuriperinnölle mahdollisesti aiheutuvat vahingot tulee arvioida muulla tavoin.

Eri tulvan toistuvuuksille tehtyjen vahinkoarvioita voi hyödyntää päätöksenteossa. Tulosten avulla voi esimerkiksi arvioida tulva-alueen vuosivahingon odotusarvon (€/a) tai vedenpidättämisen hyödyn.

Viittausohje: Silander, J. & Parjanne, A. (2012). Tulvariskien hallinnan euromääräisten vahinkojen ja hyötyjen arviointi. Julkaisematon raportti. Suomen ympäristökeskus. 38 s.

Yhteystiedot:

Erikoistutkija Jari Silander, Suomen ympäristökeskus SYKE, puh +358 40 747 3881

Kehitysinsinööri Antti Parjanne, Suomen ympäristökeskus SYKE, puh. +358 400 225508,

etunimi.sukunimi@ymparisto.fi

Suomen ympäristökeskus, Mechelininkatu 34a, PL 140, 00251 Helsinki