

Tulvariskien hallinnan suorien rakennussuojeluhyötyjen arvioinnin pilottitestaus Kittilässä

Antti Parjanne ja Jari Silander, SYKE 6.2.2012.

Viittausohje: Parjanne, A. & Silander, J. (2012). Tulvariskien hallinnan suorien rakennussuojeluhyötyjen arvioinnin pilottitestaus Kittilässä. Julkaisematon raportti. Suomen ympäristökeskus. 8 s.

1 TAUSTAA

Tulvariskien hallinnan suunnittelussa on lain 620/2010 mukaan valittava toimenpiteet, joilla asetetut hallinnan tavoitteet pyritään saavuttamaan. Toimenpiteiden priorisoimiseksi tarvitaan tietoa niiden vaikutuksista, kustannuksista ja hyödyistä. Vuodenvaihteessa 2010-2011 käynnistettiin hanke tulvariskien hallinnan ja vesienhoidon järjestämisen toimenpiteiden hyötyjen arvioinnin sekä tavoitteiden yhteensovittamisen kehittämiseksi. Hankkeen yhtenä osatavoitteena on kehittää tulvasuojeluhyötyjen arviointityökalu ja laatia ohjeet näiden hyötyjen arviointiin. Tässä raportissa on kuvattu suorien euromääräisten tulvasuojeluhyötyjen arviointityökalun testaus Kittilän pilottialueella syksyllä 2011 rakennusvahinkojen osalta.

Pilottialueella on arvioitu menetelmän tuloksien tarkkuutta suhteessa havaittuihin ja aikaisemmin arvioituihin rakennusvahinkoihin. Kittilän vuoden 2005 kevättulva, toistuvuusajaksi noin kerran 70 vuodessa, on hyvin raportoitu ja tietoa on mm. alueelta haetuista ja myönnettyistä tulvavahinkokorvauksista. Menetelmää on tarkoitettu kehittää edelleen pilotoinnin perusteella, jotta se antaisi valtakunnallisesti luotettavia ja yhdenmukaisia tuloksia erityisesti rakennusvahinkojen osalta.

Kehitetyllä arviointityökalulla voidaan arvioida valitulla tulvariskialueella ja tietyllä todennäköisyydellä syntyviä vahinkoja euroina tai vastaavasti hyötyjä, mikäli estetään tulviminen ko. alueella. Hankkeen ensimmäisessä vaiheessa menetelmä on kehitetty rakennusvahinkojen, irtaimistovahinkojen, puhdistuskustannusten sekä liikenteen ja hätäpalvelun (poliisi, ambulanssi, palolaitos, tilapäiset tulvasuojelukustannukset ja tilapäiset teiden korjauskustannukset jne..) kustannusten arviointiin.

2 AIKAISEMMAAT VAHINKOARVIOT

Kittilän v. 2005 tulvatilanteessa syntyneitä vahinkoja on aikaisemmin selvittänyt Lehtiö (2009), joka tutki mallinnettuja rakennusten ja niiden irtaimiston tulvavahinkoja suhteessa tapahtuneeseen tulvatilanteeseen. Tutkimus perustuu Kittilän taajaman vuoden 2005 tulvatilanteen tulvahuipun mitatun vedenkorkeuden mukaiseen mallinnukseen, Michelssonin ja Saaren (2009) eri rakennustyypeille laatiin vahinkoarvioihin sekä tulvavahinkotietokannasta (MMM, TIKE/MAVI) näille rakennustyypeille laskettuihin vahinkokeskiarvoihin (e/m^2). Rakennusten ominaisuus- ja sijaintitiedot perustuivat rakennus- ja huoneistorekisteriin (RHR 2006) sekä Maanmittauslaitoksen maastotietokantaan (MTK). Lisäksi käytössä oli myös kunnan maataloussihteerin selvittämät tulvan vaikutuksen alaisiksi joutuneet rakennukset luokiteltuna rakennustyyppin mukaan.

Lehtiön tutkimuksessa mallinnetulla tulva-alueella oli 165 pistemäistä RHR-kohdetta, kun taas MTK:n mukaisia aluemaaisia rakennuksia oli 283 kpl. Suuri ero tulva-alueella olevien rakennusten määrissä voi johtua RHR-pisteen sijaintitarkkuudesta (pistemäinen vs. aluomainen), RHR-kohteen puuttumisesta, aineiston ajantasaisuudesta tai korkeusmallin tarkkuudesta.

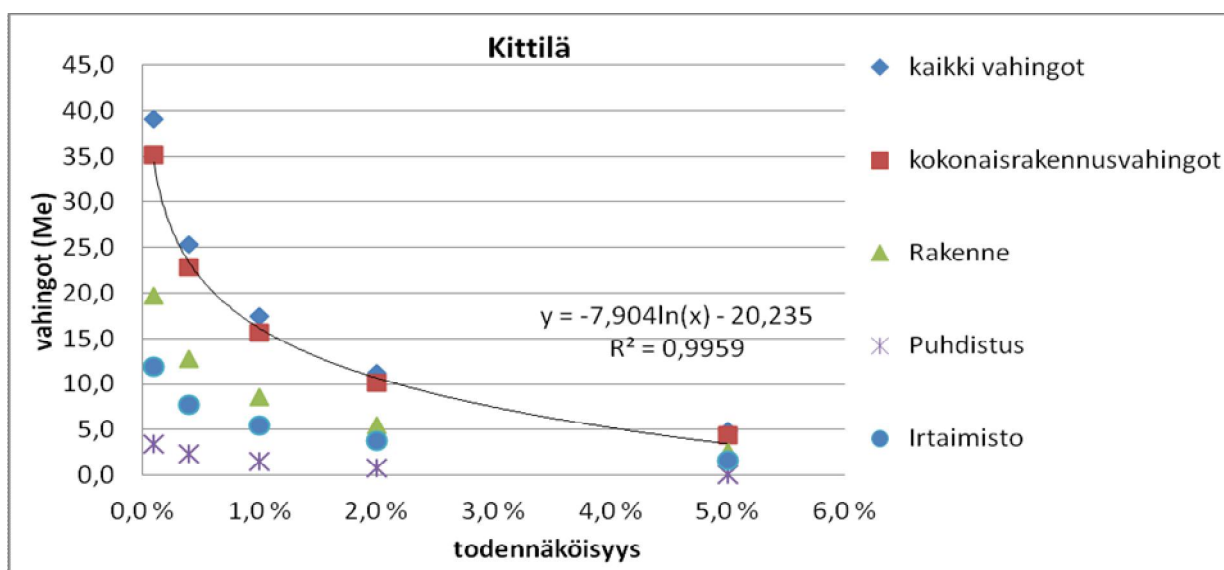
Lehtiö (2009) arvioi mallinnetulla tulva-alueella sijaitsevien RHR-kohteiden rakennusvahingoiksi 7,2 M€. Havaintojen perusteella vuoden 2005 tulvan vaikutuksen alaisiksi jäi 175 rakennusta, joista RHR:ssä oli 122 kpl. Tulva-alueella näistä rakennuksista oli 98 kpl ja niille arvioitu vahinko oli 5,6 M€. Ero Lehtiön tutkimuksessa mallinnettujen (7,2 M€) ja havainnoilla korjattujen (5,6 M€) vahinkojen välillä oli 30 %. Eräiden vahingoittuneiden rakennusten hyväksytyjen tulvavahinkokorvausten (tulvavahinkotietokanta) tarkastelu osoitti lisäksi, että hyväksytyt korvaukset olivat näissä rakennuksissa 16 % Lehtiön havainnoilla korjattuja vahinkoarviota pienemmät.

Lehtiön (2009) arvioi rakennuksille mallinnetut tulvavahingot useimmissa tapauksissa monenkertaisiksi todellisiin vahinkoihin nähden. Lehtiö oletti, että rakennusten koko kerrosala on ensimmäisessä kerroksessa, vaikka vuoden 2005 tulva vahingoitti vain alinta kerrosta. Näin ollen esimerkiksi kerrostalojen mallinnetut vahingot olivat jopa 8-kertaiset korvauksiin nähden. Rakennustyypeistä ainoastaan rivitalojen (7 kpl) osalta mallinnetut vahingot jäivät todellisia korvattuja vahinkoja pienemmiksi Kittilän keskustan case-alueella. Yhden asunnon talojen osalta (27 kpl) vahinkoarvioiden ja korvausten poikkeaminen toisistaan ei ollut yhtä selkeää. Case-alueella oli vain yksi myymälärakennus, jonka vahingot Lehtiön arvio n. 6-kertaisiksi korvauksiin nähden, korvaussumma oli 50 000 euroa.

Tutkimuksessa otettiin huomioon myös irtaimisto, mutta koska irtaimistovahinkoja on korvattu hyvin niukasti (osuus hyväksytyistä korvauksista 3 %) ja haettukin vain joissakin tapauksissa, on vahingoittuneen irtaimiston vahinkoarvio todennäköisesti liian pieni.

3 KUVAUS UDESTA TULVAVAHINKOJEN ARVIOINTIMENETELMÄSTÄ

Tulvavahinkojen arviointimenetelmällä on tarkoitus arvioida tulvavahinkoja ja tulvasuojelutoimenpiteillä saavutettavia euromääräisiä hyötyjä eri tulvan toistuvuuksilla. Menetelmää voidaan hyödyntää tulvasuojelutoimenpiteillä (esim. penkereet, ruoppaus tai veden pidättäminen) saavutettavien hyötyjen arvioinnissa. Sen avulla voidaan yleissuunnitelmatarvkeudella arvioida kuinka paljon odotettavissa olevista vahingoista nykyisellä tulvariskien hallinnalla voidaan välttää tai kuinka paljon vahinkoja voidaan vähentää parantamalla tulvariskien hallinnan tasoa (kuva 1).



Kuva 1. Arvioidut vahingot Kittilässä eri tulvan todennäköisyyksillä.

Menetelmän ensimmäisellä versiolla voidaan arvioida: rakennevahinkoja, puhdistuskustannuksia, irtaimistovahinkoja, liikennekatkon lisäämää, liikenneverkoston vahinkoja, hätäpalvelun kustannuksia sekä ajoneuvovahinkoja. Kittilän pilotissa käytetyt laskenta-arvot ovat esitetty alla

taulukossa 1. Niitä voidaan muuttaa tarvittaessa. Tässä raportissa on keskitytty rakennusvahinkoihin (sis. irtaimisto ja puhdistus), koska ne muodostavat suurimman osan kokonaisvahingoista ja muista osakokonaisuuksista ei ole saatavilla yhtä kattavia tietoja.

Taulukko 1. Kittilän pilotissa käytetyt laskenta-arvot.

VAKIOT - LASKENTAAN	ARVO
TULVAVAARAKARTAN NUMERO	>0
Alue (Muu suomi 69, Kehyskunnat 75 ja pääkaupunkiseutu 79)	69
Rakennusten keskimääräinen ikä (x) vuosina	0
Perusvuosi	2010
Rakennuskustannusindeksi tarkasteluvuonna	100
Alv (%)	23 %
Alv, myymälä ja varastorakennukset ja vastaavat, kirjastot ym. (%)	0 %
Tulvan arvioitu kesto (vrk)	2
kellarillisia taloja (%)	0 %
kellarin hinta (€/kpl)	10 000
Rakennusten perustamistason(lattian) korkeus maanpinnasta (m)	0,30
Siivouskulujen osuus neliöhinnasta 1 m vesisyvyydellä (%)	8 %
Irtaimiston osuus: kauppa ja muut rakennukset, osuus neliöhinnasta	20 %

Rakennus-, irtaimisto ja puhdistuskustannukset lasketaan vahinkofunktion avulla, joka kuvaa kuinka monta prosenttia rakennuksen arvosta (uudishinta tai vastaava) vahingoittuu tietyllä vesisyvyydellä. Vahinkofunktion arvo kerrotaan uudishinnalla, jolloin saadaan vahinkoarvio tietylle vesisyvyydelle. Vahinkofunktiot on laadittu rakennusvahingoille, irtaimistolle ja puhdistuskustannuksille erikseen.

Eri maissa käytettäviä vahinkofunktioita ja niiden antamia vahinkoarviota verrattiin toisiinsa. Todettiin, että hyvä tapa arvioida rakennus- ja irtaimistovahingot on käyttää Us Army Corpsin (USACE 2011) esittämiä synteettiset vahinkofunktiot luottamusvälein. Tuloksia tulisi verrata Porissa 12.8.2007 olleen rankkasadetulvan vahinkoihin (Porin kaupunkitulva 2009), jossa vahingoittui yli 1000 rakennusta sekä mahdollisiin tulvahankokorvaushakemustietoihin.

Puhdistuskustannusten arvioimiseksi todettiin parhaaksi käyttää MCM (2010) perusteella johdettua logaritmifunktiota. Puhdistuskustannukset sisältävät mm. hälytyskäynnin, kosteuskartoituksen, kuivatuksen ja desinfioinnin tarpeen mukaan.

Vahinkofunktion nollakohdaksi on määritetty ensimmäisen kerroksen sokkelin yläpinnan korkeus, joka on Kittilässä tehtyjen maastomittauksien perusteella (90 rakennusta) 0,5 m korkeusmallin maaston korkeutta korkeammalla. Laskelmissa oletetaan, että vahinkofunktion 0-kohta on 0,2 metriä sokkelin korkeustason alapuolella. Lisäksi on todettavat, että Suomessa alapohjan paksuus on suurempi kuin USA:ssa ja UK:ssa.

Rakennuksen neliöhintojen määrittäminen on tehty Finanssialan Keskusliiton uudistaman raportin perusteella (Haahtela 2011). Neliöhinnaksi on valittu rakennuksen uudishinta (käytetyt bruttoneliöhinnat on esitetty liitteessä 1). Uudishinnassa ei ole mukana mm. tontin hankintahintaa, irtaimiston hankintahintaa tai toimintainvestointeja (koneet ja laitteet). Rakennuksen arvon aleneminen voidaan ottaa huomioon, mutta tätä ei suositella, koska korjauskustannusarviosta tulee tällöin liian pieni. Rakennuksen nykyhintaa kannattaa käyttää, kun arvioidaan kannattaako rakennusta korjata vai lunastaa. Rakennuksen nykyhintaa on 20 v vanhassa talossa n. 70 % (ei remontoitu) ja hyväkuntoisessa talossa noin 90 %:ia uudishinnasta. Neliöhinnassa alueellinen hintavaihtelu on otettu huomioon. Alueet ovat pääkaupunkiseutu, kehyskunnat ja muu Suomi. Arvonlisävero on otettu huomioon vain asuinrakennusten osalta, muiden osalta arvonlisäveron vaikutusta ei oteta huomioon vahinkolaskelmissa (MCM 2010, luku 5).

Rakennus- ja irtaimistovahingot arvioidaan asuinrakennuksille Us Army Corpsin esittämällä synteettisellä vahinkofunktiolla. Vahinkojen ei oleteta riippuvan rakennuksen iästä. Irtaimiston on oletettu jakaantuvan tasaisesti rakennuksen kerroksiin sen kerrosalan mukaisesti.

Myymälärakennuksille käytetään asuinrakennuksille sovellettua funktiota, jonka y-akselin leikkauskohtaa muutetaan arvioidun irtaimiston suuruuden mukaisesti, yleensä ylöspäin.

Rakennusvahinkoja on vertailtu toisiinsa. Esim. purku ja jälleenrakentamiskustannukset ovat MCM (2010) mukaan 20 - 700 e/m², 0,1 m vesisyvyydellä 100 e/m² ja 1 m vesisyvyydellä 350 e/m². Michelssonin ja Saaren (2009, alle 10 rakennusta) mukaan 180 - 300 e/m², kun vain alapohja ja seinän alaosat kastuvat ja 500 - 700 e/m², kun vesi nousee vielä korkeammalle (ei mainittu korkeutta) vaurioittaen myös seinien pintarakenteita. Us Army Corpsin vastaavat arvot uudishinnalla 1200 e/m² ovat 0,1 m vesisyvyydellä 200 e/m² ja 1 m 500 e/m².

Irtaimistovahingot ovat 100 - 300 e/m² MCM (2010) mukaan ja USACE (2011) mukaan noin 100 - 500 e/m², kun uudishinta on 1200 e/m². Arvoja tulisi verrata Suomen vastaaviin arvoihin.

Puhdistuskustannuksille on johdettu MCM (2010) tulosten perusteella synteettinen funktio. Michelssonin mallinnettu arvio seitsemälle eri rakennustyyppille oli 20 - 60 e/m² ja neljän toteutuneen tapauksen perusteella tulos oli 20 - 130 e/m². MCM (2010) mukaan puhdistuskustannukset olivat 70 - 140 e/m² (eri omakotitalotyyppien keskiarvo, valuuttakurssilla 1 e = 0,9 GBP). Kevyille rakennuksille, kuten saunoille, puhdistuskustannukset ovat yleensä pienemmät kuin omakoti- tai kerrostaloille. Puhdistuskustannukset nousevat vesisyvyyden kasvaessa. Tuloksia olisi hyvä verrata esim. Porin kaupunkitulvan (2009) vahinkoihin.

Kerrosalat on jaettu tasan eri kerroksiin ja otettu arvioissa huomioon vain alin kerros, koska muutoin vahinkoarvio on yleensä n. 20 - 30 % liian suuri, Lehtiö ei jakanut kerrosalaa kerroksiin. Kerrosalan jakamisen vaikutuksia kokeiltiin Kittilän pilottialueella ja kaikilla 1/250a tulvavaarakartoitetuilla alueilla. Nyt käytetty menetelmä on Suomessa tavallisesti esiintyvillä tulvilla tarkempi, koska tulva nousee ylempien kerroksien tasolle aiheuttaen niille vahinkoa vain poikkeustilanteissa. Kokonaiskerrosalan jakaminen tasan kerroksiin ei anna aina tarkkoja arvioita ensimmäisen kerroksen kerrosalasta, sillä esimerkiksi omakotitaloissa ylempien kerroksien ala on tyypillisesti pienempi kuin alimman kerroksen. Toisaalta RHR:n kerroslukumäärätiedot eivät ole täysin kattavia, ja joistain rakennuksista (lähinnä vapaa-ajan- ja talousrakennukset) ne puuttuvat kokonaan. Tällöin rakennus on oletettu yksikerroksiseksi.

Kellareita on RHR 2009:n mukaan 2,5 % rakennuksista. Määrä on niin pieni, että RHR:n tietoja voidaan pitää näiltä osin riittämättöminä. Näin ollen arvioitsija voi muuttaa kellarillisten rakennusten määrän arvioita. Arvioinnissa on käytetty kellarille arvoa 10 000 €/kellari (Reiter, 2006). Michelssonin ja Saaren (2009) tuloksien perusteella vahinko riippuu kellarin pinta-alasta ja on jo 60 m² kellarille n. 15- 20 000 e. Vähäisistä otoksesta johtuen kannattaisi kellarivahinkoarviot tarkistaa käyttäen Porin rankkasadetulvan tuloksia.

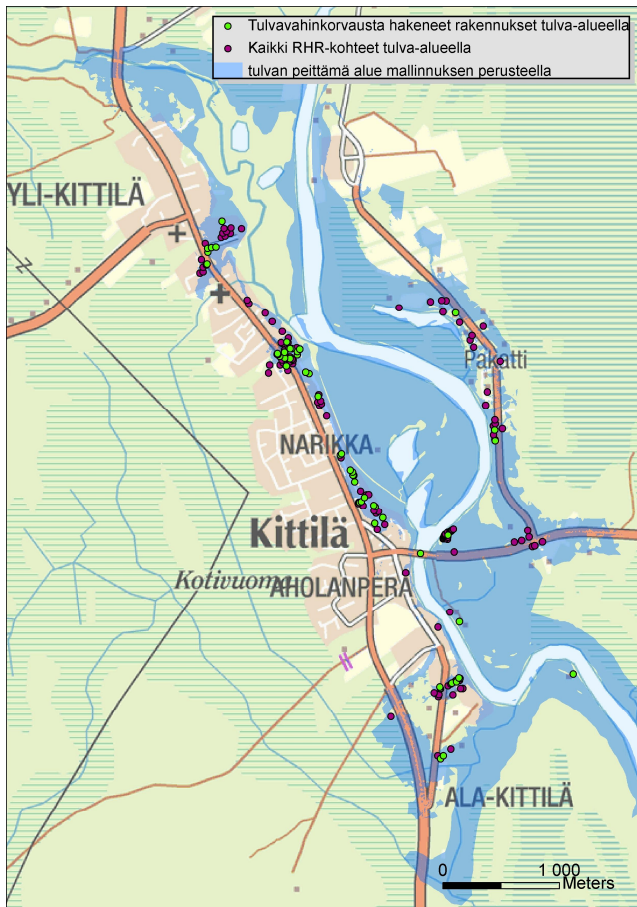
Tulvan kestolla on suuri vaikutus tulvasta rakenteelle aiheutuviin kustannuksiin. Tulvan kesto on menetelmässä jaettu lyhyeen (< vrk) ja pitkään (≥ vrk) perustuen MCM:iin. Oletuksena on pitkä tulva. Lyhyellä tulvalla laskelmissa vähennetään rakennevahingoista n. 20 - 40 %. Oletusarvona voidaan käyttää 33 %, joka on arvioitu MCM:n tulosten perusteella. Tulvan kesto vaikuttaa siivouskustannuksiin ja irtaimistovahinkoihin vain vähän.

Menetelmän on arvioitu soveltuvan erinomaisesti alle 3 metrin vesisyvyyksille. Lisäksi se soveltuu myös liikennekatkosta aiheutuvan lisääjän kustannusten ja liikenneverkoston vahinkojen sekä hätäpalvelukustannuksien arviointiin. Näiden arviointia ei kuitenkaan voitu testata Kittilässä riittävän tarkasti vähäisistä vertailutiedoista johtuen.

4 TULVAVAHINKOJEN ARVIOINTIMENETELMÄN LASKENTATULOKSET

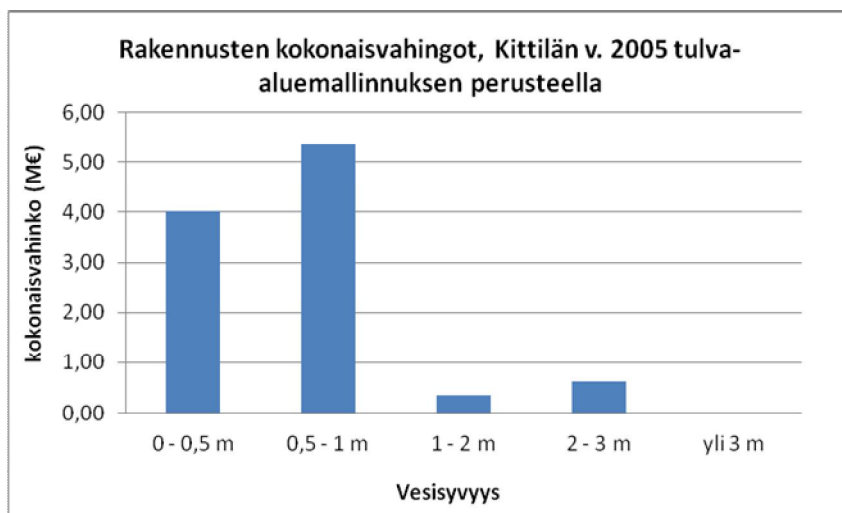
Menetelmän antamien vahinkoarvioiden tarkkuutta vertailtaessa käytettiin samoja lähtötietoja Lehtiön (2009) kanssa tulva-aluemallinnuksen, vahinkokorvausten ja veden peittämien rakennusten osalta. Rakennustietojen (RHR) osalta käytössä oli 3 vuotta tuoreemmat tiedot kuin Lehtiöllä.

Lisäksi käytettävissä oli kenttämittauksia rakennusten lattiapintojen korkeuksista suhteessa maanpintaan. Lisäksi haastateltiin paikallisia toimijoita sekä järjestettiin kokouksia pilotin eri vaiheissa eri osapuolien kanssa.



Kuva 2. Kittilän taajaman vuoden 2005 tulvatilannetta vastaavan mallinnetun alueen rakennukset sekä mallinnetun alueen kohteet joista on haettu tulvavahinkokorvauksia vuonna 2005. Tietojen julkisen esittäminen kielletty ilman SYKE:n lupaa.

Vuoden 2005 tulvaa vastaavalla mallinnetulla tulva-alueella (kuva 2) on rakennuksia 137 kappaletta (RHR 2009). Rakennusten kokonaisvahinkoarvioksi laskettiin 10,37 M€, josta rakennevahingot (rakenteiden korjauskustannukset) ovat 5,67 M€, irtaimistovahingot 3,88 M€ ja puhdistuskustannukset 0,82 M€. Vahinkoarvio laskettiin käyttäen yli 1 vuorokauden kestävästä tulvasta vahinkofunktiota. Lyhyemmällä tulvalla rakennusten kokonaisvahinkoarvioksi olisi noin 20 % pienempi (8,38 M€). Rakennusten vahinkoarviot vesisyvyysluokittain on esitetty kuvassa 3. Suurimmat tulvavahingot aiheutuvat arvon mukaan asuinrakennuksille (kuva 4). Asuinrakennusvahingot jakaantuivat melko tasaisesti kerros-, rivi- ja omakotitalojen kesken.



Kuva 3. Vahinkoarviot (sisältäen irtaimiston ja puhdistuskustannukset) vesisyvyysluokittain Kittilän vuoden 2005 tulva-aluemallinnuksen alueella.



Kuva 4. Arvio rakennusvahingoista rakennustyypeittäin (sisältäen irtaimiston ja puhdistuskustannukset) Kittilän vuoden 2005 tulva-aluemallinnuksen alueella.

Kittilän vuoden 2005 tulvan toistuvuutta vastaavassa tilanteessa kerrosalan jakaminen kerroksittain on hyvä, sillä 91 % kokonaisrakennusvahingoista syntyy vesisyvyyksillä 0 – 1,0 m eikä tulvavesi nouse rakennusten toisen kerroksen tasolle (yli 3m vesisyvyysvyöhykkeen vahingot 0 €).

4.1 Tulosten vertailu Lehtiön tuloksiin

Lehtiön laskemat vahinkoarviot rakennuksille (ilman irtaimistoa ja puhdistusta) olivat 7,2 M€ (mallinnettu) ja 5,6 M€ (havainnoilla korjattu). Nyt lasketut rakennusvahingot 5,67 M€ (ilman irtaimistoa ja puhdistusta) vastaavat melko hyvin näitä arvioita, varsinkin kun otetaan huomioon, että Lehtiö (2009) ei jakanut vahinkoja kerroksiin, mikä tekee Lehtiön vahinkoarviosta 20-25 % todellista tulvatilannetta suuremmat.

Irtaimistokorvaushakemusten osuus Kittilässä vuonna 2005 oli ainoastaan 4 % kaikista rakennusten vahinkokorvaushakemuksista. Tämä voi johtua siitä, että Suomessa korvausta myönnetään vain välttämättömälle kotitalousirtaimistolle. Lehtiön (2009) tutkimuksessa ei ole huomioitu irtaimistovahinkoja eikä puhdistuskustannuksia, eikä niitä ole tiedossa v. 2005 tulvatilanteessa. Näin ollen tehdyille irtaimistovahinkoarvioille ja puhdistuskustannuksille ei löydy vertailukohtaa.

Lehtiön (2009) mallintamia ja nyt kehitetyllä menetelmällä laskettuja rakennusvahinkoja vertailtaessa on kiinnitettävä huomiota siihen, että Lehtiön mallinnusten mukaan tulva-alueella olisi 165 RHR-rakennusta, kun taas käyttämällämme paikkatietoaineistolla RHR-rakennuksia olisi alueella 137 kpl. Lehtiön tutkimuksessa tulva-alueelle jääviä alueisia MTK-kohteita vastaavat RHR-kohteet valittiin manuaalisesti tulva-alueelle kuuluviksi niissä tapauksissa, joissa RHR-kohde jäi muuten tulvan peittämän alueen ulkopuolelle. Käytetty paikkatietoaineisto (Lehtiö RHR2006, nyt RHR2009) ei vaikuta merkittävästi arvioihin.

Lehtiön (2009) vahinkoarviot perustuvat Michelssonin ja Saaren (2009) rakennusten vahinkoarvioihin sekä tulvavahinkotietokannan vahinkokeskiarvoihin (e/m^2). Michelssonin on kuitenkin esittänyt tulokset alle 10 rakennukselle, taulukossa on virheitä, erot havaittujen ja esitettyjen mallinnettujen tulosten välillä ovat suuret eikä vesisyvyyttä ei ole esitetty riittävän tarkasti, joten tuloksia ei voida hyödyntää menetelmän kehittämisessä. Jos nyt lasketuissa uusissa vahinkoarvioissa olisi käytetty samaa alueindeksiä (kehyskunnat), olisi rakennusvahinkoarvio ollut 10 % suurempi. Hintatason muutos tarkasteluvuosien välillä on merkityksetön.

4.2 Tulosten vertailu todellisiin vahinkokorvauksiin

Menetelmällä laskettiin vahinkoarviot niille RHR-rakennuksille, jotka jäivät mallinnetun tulva-alueen sisään ja joille myönnettiin tulvavahinkotietokannan mukaan korvauksia vuoden 2005 tulvasta. Arviodut kokonaisrakennusvahingot (rakenne, irtaimisto ja puhdistus) olivat 35 rakennukselle 2,33 M€ ja pelkät rakennevahingot 1,33 M€. Hyväksytyt vahinkokorvaukset näille rakennuksille olivat 1,80 M€. Koko mallinnetun tulva-alueen vahinkoarvioihin verrattuna korvatut vahingot jäivät pieniksi. Kastuneet rakennukset edustivat pääosin asuinrakennuksia, eikä niiden yhteiskerrosala ollut kovin suuri, joten otosta ei voida pitää riittävänä johtopäätösten tekemiseksi.

Rivitalojen mallinnetut vahingot jäivät Kittilän tapauksessa selvästi hyväksytyjä korvauksia pienemmiksi. Myös Lehtiö päätyi tähän samaan tulokseen. Ero johtuu todennäköisesti siitä, että pahasti vahingoittuneet vanhainkotirakennukset ovat RHR:ssa luokiteltu rivitaloiksi.

Osa rakennuksista onnistuttiin v. 2005 tulvatilanteessa suojaamaan vahingoilta. Ilman suojauksia todelliset vahingot olisivat nousseet suuremmiksi. Esimerkiksi vanhainkotialueella suojaustoimenpiteillä pystyttiin estämään noin miljoonan euron ja terveyskeskusalueella satojen tuhansien eurojen vahingot (Kurula, 2011). Saarijärvi (2005) arvioi suojauksiin käytetyn n. 0,6 miljoonaa euroa.

Kaikki mallinnetulla tulva-alueella sijaitsevat rakennukset eivät vahingoittuisi todellisessa tulvatilanteessa sokkelin korkeuden, suojauksen tai mallin epätarkkuuden vuoksi. Lehtiön (2009) mukaan tällaisia rakennuksia oli v. 2005 tulvatilanteessa n. 60. Toisaalta myös mallinnetun alueen ulkopuolella saattaa syntyä vahinkoja (2005 tilanteessa noin 20 rakennusta).

4.3 Korkeusmallin ja vesisyvyysvaikutus arvioihin

Rakennusten korkeusmallista poimittujen korkeustasojen ja paikan päällä mitattujen maanpinnan korkeustasojen sekä sokkelikorkeuksien perusteella laskettuja vahinkoarvioita vertailtiin keskenään. Sokkelin tai alimman lattiapinnan korkeusasema oli tiedossa 90 rakennuksesta. Näistä 27 sijaitsee v. 2005 tulvan peittämällä alueella. Keskimäärin sokkelin mitattu korkeus oli 52 cm ylempänä tulvamallinnuksen pohjana käytetystä KM2-korkeusmallin maanpinnan tasosta rakennuksen kohdalla. Vesisyvyysluokittelu tehtiin 27 rakennuspisteelle uudestaan kahdella tavalla: mitattujen maanpinnan korkeustasojen ja sokkelin korkeustasojen perusteella. Näin syntyneillä uusilla syvyysvyöhykkeillä laskettiin uudet rakennusten kokonaisvahinkoarviot, vahingot olisivat noin 10 % alkuperäisellä mallilla saatuja suuremmat. Otos on pieni eli tuloksia ei voi yleistää.

Korkeusmallin perusteella korkeuslukema Kittilässä mitatuissa lähes 1300 pisteessä oli keskimäärin 20 cm suurempi kuin paikanpäällä tehty mittausta. Mittapistet olivat rakennuksen tai muun rakenteen maanpinnan tasoa vastaavia pisteitä. Monissa tapauksissa mittausta on todennäköisesti tehty alimmasta mahdollisesta maanpinnan tasosta mikä selittäisi suuren eron mallin ja mittauksen välillä (malli yleistää). Tämä tarkoittaa sitä, että näissä pisteissä vesisyvyys saattaisi todellisuudessa olla mittausten mukaan n. 20 cm suurempi kuin mitä arvioinnissa on käytetty ja lisäksi sitä, että sokkelin korkeus olisi Kittilän testiotoksen rakennuksissa keskimäärin n. 70 cm (52+20 cm) maanpintaa korkeammalla. Ero korkeusmallin ja mittatulosten välillä oli kuitenkin pienempi niissä Kittilän kohteissa, jotka jäisivät tulvaveden peittämiksi.

Tulvavaarakartoissa vesisyvyys on jaettu luokkiin (0–0,5m; 0,5–1,0m; 1–2m; 2–3m; yli 3m), mistä aiheutuu virhettä vahinkoarvioihin. Virheen suuruus vahinkoarvioihin riippuu rakennusten jakautumisesta eri vesisyvyysvyöhykkeittäin. Rakennusten määrän vähentyessä lineaarisesti vesisyvyyden kasvaessa voi virhe olla 10 %. Vahinkojen arvioinnissa vesisyvyydeksi rakennuksen kohdalla on oletettu aina vesisyvyysluokan keskiarvo. Kittilässä testattiin luokittelemattoman (korkeusmalli ja mitattu) vesisyvyyden käyttämisestä vahinkoarvioissa 27 asuinrakennuksen osalta. Luokittelemattomilla korkeusmallin mukaisilla vesisyvyyksillä näiden rakennusten vahingot muodostuisivat yhtä suuriksi kuin luokiteltuja tulvavaarakarttojen vesisyvyyksiä käytettäessä. Jos tulvavaarakartan luokitellun vesisyvyyden sijasta käytettäisiin tarkkoja paikan päällä tehtyjä mittauksia, muodostuisi vahinkoarvio 15 % suuremmaksi.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA NIIDEN VAIKUTUS MENETELMÄN KEHITTÄMISEEN

Nyt kehitetyllä menetelmällä arvioidut rakennusvahinkoarviot ovat samaa suuruusluokkaa kuin aiemmin kirjallisuudessa esitetyt sekä havaintojen perusteella korjatut arviot, kun arviosta on vähennetty irtaimiston ja puhdistuskustannusten osuus.

Tulvavahinkokorvauksia hakeneille rakennuksille menetelmällä mallinnetut rakennusvahingot (ilman irtaimistoa ja puhdistusta) olivat 20-30 % pienemmät kuin samoille rakennuksille hyväksytyt vahinkokorvaukset. Jos irtaimisto- ja puhdistuskustannukset otettaisiin huomioon, olisivat vahinkoarviot vastaavan verran suurempia. Suuri osa erosta selittyy sillä, että vanhainkodille on maksettu korvauksia 1,24 M€, vaikka vahinkoarvio on 0,59 M€. Vanhainkotirakennukset on RHR:ssa merkitty rivitaloiksi, mikä pienensi näiden rakennusten vahinkoarviota noin 30 %.

Pilotin perusteella voidaan todeta, että vahinkoarviossa on syytä erotella rakennusvahingot sekä irtaimisto- ja puhdistuskustannukset. Lisäksi kerrosala on hyvä jakaa tasan eri kerroksiin ja ottaa huomioon tulvan kesto sekä tapauskohtaisesti rakennuksen ikä tai kunto. Tulvan keston jakamista lyhyeen (alle 1 vrk) ja pidempikestoiseen tulvaan voidaan pitää jatkossakin riittävänä.

Vahinkoarviota, voidaan tarkentaa jakamalla rakennukset useampaan vesisyvyysvyöhykkeeseen sekä mittaamalla rakennusten lattianpinnan korkeudet suhteessa maanpintaan. Lisäksi RHR:n kellaritietoja olisi hyvä tarkentaa ja mahdollisesti lisätä tietokantaan rakennuksen perustamistaso (ensimmäisen kerroksen lattiataso). Tulvavahinkotietokantaan olisi hyvä kirjata myös rakennuksen RHR-tunnus, jotta toteutuneiden vahinkojen tarkastelu olisi helpompaa.

Irtaimisto- ja puhdistusvahinkoja, mutta myös rakennevahinkoja, olisi syytä verrata laajempaan otokseen, jotta menetelmän luotettavuutta voitaisiin parantaa. Porin rankkasadetulvan (1000 rakennusta) sekä tulvavahinkokorvaustilaston (800 RHR-rakennusta) tietoja kannattaisi hyödyntää.

Menetelmä soveltuu Kittilän pilottitestauksen perusteella hyvin rakennusvahinkojen arviointiin. Menetelmää olisi kuitenkin hyvä testata toisessa pilottikohteessa (havaittu tulva-alue ja muita tietoja saatavilla) myös muiden kuin rakennusvahinkojen osalta.

6 VIITTEET

Haahtela oy. 2011. Rakennuksen hinnan arviointi, ohje, 2011. 29 s. Saatavissa:

<http://www.fkl.fi/teemasivut/vahingontorjunta/Sivut/Suojeluohjeet.aspx>

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

Kurula, L. 2011. Tekninen johtaja, Kittilän kunta. Sähköposti 10.10.2011.

Michelsson, 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.

MCM / 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

Porin kaupunkitulva 12.8.2007, 2009. <http://www.pori.fi/tpk/kadutjaliikenne/tietoaliikenteesta/raportit.html> [WWW, viitattu 15.11.2011.]

Reiter, P. 2006. Pato-onnettomuuden vahingonvaaraselvitys

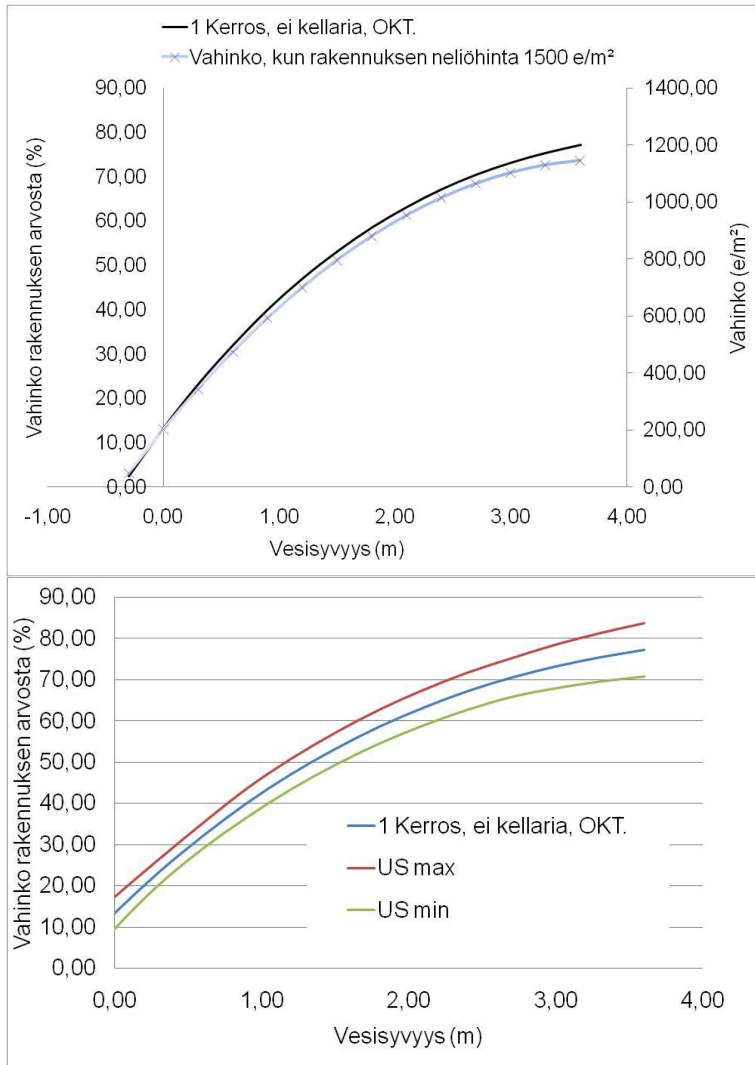
Saarijärvi, V. 2005. Vuosiraportti: Kevään 2005 tulvat Lapissa. Lapin ympäristökeskus. 11 s + liitteet.

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

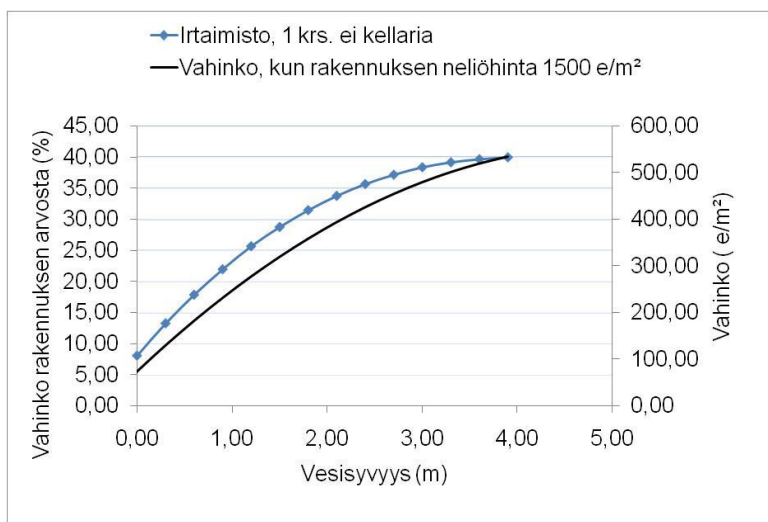
Liite 1. Rakennusten bruttoneliöhinnat alueittain.

Asuntotyyppi RHR3-tason mukaan	Neliöhintatyyppi, Haahtela	Mahdolliset lisäperustelut neliöhintalaskelmalle	Neliöuudishinta (€/bm2)		
			Muu Suomi	Kehyskunnat	Pääkapunkiseutu
Muut asuinrakennukset	Kerrostalo, asunosauna	Uudisrakennuksissa on lähes aina asunokohtainen sauna	1060	1160	1260
Luhtitalot	Omakotitalo	Vastaa kerrosäärältään usein omakotitalojen keskimääräistä kerros määrää	1090	1210	1300
Kahden asunon talot	Omakotitalo		1090	1210	1300
Muut erilliset pientalot	Omakotitalo		1090	1210	1300
Yhden asunon talot	Omakotitalo		1090	1210	1300
Ketjutalot	Rivitalo		1120	1210	1310
Rivitalot	Rivitalo		1120	1210	1310
Voimalaitosrakennukset	Muokattu pienteollisuusrakennus	Varasto 15 %, Yhteistoiminnat 10 %, Tekniikka 70 % ja säilytys 5 %	980	1070	1150
Yhdyskuntatekniikan rakennukset	Yhteistoiminnat		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 yhteistoiminnat 30 %	1410	1540	1650
Muut huoltolaitosrakennukset	Vanhusten palvelurakennus		1310	1430	1540
Vanhainkodit	Vanhusten palvelurakennus		1310	1430	1540
Lasten päiväkodit	Päivähoitorakennus		1510	1660	1790
Muualla luokittelemattomat sos.toimen rak.	Muokattu kerrostalojen yhteistilat	Kerhotila 50 %, varasto 10 %, säilytys 10 %, yhteistoiminnat 25 % ja ravintola 5 %	960	1040	1120
Keskussairaalat	Terveydenhoitorakennus		1460	1600	1730
Muut sairaalat	Terveydenhoitorakennus		1460	1600	1730
Muut terveydenhuoltorakennukset	Terveydenhoitorakennus		1460	1600	1730
Terveydenhuollon erityislaitokset	Terveydenhoitorakennus		1460	1600	1730
Terveyskeskukset	Terveydenhoitorakennus		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 kokoonntumisrakennukset	Muokattu kerrostalojen yhteistilat	Kerhotila 50 %, varasto 10 %, säilytys 10 %, yhteistoiminnat 25 % ja ravintola 5 %	960	1040	1120
Seura- ja kerhorakennukset yms.	Muokattu kerrostalojen yhteistilat	Kerhotila 50 %, varasto 10 %, säilytys 10 %, yhteistoiminnat 25 % ja ravintola 5 %	960	1040	1120
Elokuvateatterit	Muokattu opetusrakennus	Auditorio 60 %, hallinto 5 %, ravintola 5 %, säilytys 10 %, yhteistoiminnat 10 % ja arkisto	2200	2440	2570
Teatterit, ooppera-, konsertti- ja kongressitalo	Muokattu opetusrakennus	Auditorio 60 %, hallinto 5 %, ravintola 5 %, säilytys 10 %, yhteistoiminnat 10 % ja arkisto	2200	2440	2570
Jäähallit	Liikuntahalli		1310	1430	1540
Monitoimihallit ja muut urheiluhallit	Liikuntahalli		1310	1430	1540
Muut urheilu- ja kuntoilurakennukset	Muokattu liikuntahalli	Kuntoilu ja voimailu 70 %, säilytys 25 % ja hallinto 5 %	1100	1210	1300
Tennis-, squash- ja sulkapallohallit	Kaarihalli	Bruttoneliöiden muutuskertoimena 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 uskonnonlaitosten rakennukset	Muokattu kerrostalojen yhteistilat	Kerhotila 50 %, varasto 10 %, säilytys 10 %, yhteistoiminnat 25 % ja ravintola 5 %	960	1040	1120
Seurakuntatalot	Muokattu kerrostalojen yhteistilat	Kerhotila 50 %, varasto 10 %, säilytys 10 %, yhteistoiminnat 25 % ja ravintola 5 %	960	1040	1120
Hotellit yms.	Majoitusrakennus		1530	1670	1790
Loma-, lepo- ja virkistyskodit	Majoitusrakennus		1530	1670	1790
Muut majoitusliikarakennukset	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, kauppa- ja palvelus-	Kaupparakennus		1470	1600	1730
Muut myymälä- ja palvelus-	Muokattu kaupparakennus	Päivittäistavara 45 %, kauppa ja liike 35 %, varasto 10 % ja yhteistoiminnat 10 %	1050	1160	1260
Myymälähallit	Kauppahalli		1060	1170	1250
Toimistorakennukset	Toimistorakennus		1220	1340	1440
Kulkuneuvojen suoja- ja huoltorakennukset	Konesuoja/konekorjaamo		490	530	570
Muut liikenteen rakennukset	Liikenne		1140	1250	1380
Pysäköintitalot	Paikointihalli	Bruttoneliöiden muutuskertoimena käytetty kaarihallien 1,04	530	580	630
Rautatie- ja linja-autos-, lento- ja satamaterm	Muokattu kaupparakennus	Ravintola 5 %, kauppa ja liike 30 %, varastohalli 10 %, kauppagalleria 20 % ja yhteistoim	1550	1700	1840
Tietoliikenteen rakennukset	Toimistorakennus		1220	1340	1440
Eläinsuojat, ravihevostallit, maneesi yms.	Hevostalli ja maneesi	Hintojen keskiarvo. Bruttoneliöiden muutuskertoimena käytetty eläinsuojien 1,12	490	530	570
Navetat, sikalat, kanalat yms.	Muut eläinsuojat kuin hevostalli, maneesi ja tu	Hintojen keskiarvo. Bruttoneliöiden muutuskertoimena käytetty eläinsuojien 1,12	530	580	630
Kasvihuoneet	Kasvihuone	Erityyppisten kasvihuoneiden keskiarvo. bruttoneliöiden muutuskertoimena käytetty hall	190	210	230
Muut maa-, metsä- ja kalatalouden rakennuks	Muut eläinsuojat kuin hevostalli, maneesi ja tu	Hintojen keskiarvo. Bruttoneliöiden muutuskertoimena käytetty eläinsuojien 1,12	530	580	630
Turkistarhat	Turkistarhahalli	bruttoneliöiden muutuskertoimena käytetty hallirakennusten 1,05	340	370	410
Viljankuivaamot ja viljan säilytysrakennukset	Rehuvastasto ja (maalatalouden) varastohalli	Keskiarvo näistä rakennuksista. Bruttoneliöiden muutuskertoimena käytetty varastohalli	360	390	410
Muualla luokittelemattomat rakennukset	Aitakylmä- ja pakastevarastot 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
Muualla 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 muutuskertoimena käytetty teollisuushallien 1,05	810	880	950
Teollisuus- ja pienteollisuustalot	Pienteollisuus	Bruttoneliöiden muutuskertoimena käytetty teollisuushallien 1,04	900	990	1050
Teollisuushallit	Teollisuushalli	Bruttoneliöiden muutuskertoimena 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 muutuskertoimena käytetty varastohallien 1,03	840	920	990
Teollisuusvarastot	Varastohalli	Bruttoneliöiden muutuskertoimena käytetty varastohallien 1,04	840	920	990
Saunarakennukset	Saunarakennus	Bruttoneliöiden muutuskertoimena käytetty pientalojen 1,16	1370	1500	1640
Taloussrakennukset	Kesäasunto	Bruttoneliöiden muutuskertoimena käytetty pientalojen 1,17	1030	1120	1220
Vapaa-ajan asuinrakennukset	Kesäasunto	Bruttoneliöiden muutuskertoimena käytetty pientalojen 1,18	1030	1120	1220

Liite 2. Vahinkofunktiot



Kuva 1. Ylemmässä kuvassa on rakennusvahinko prosentteina eri vesisyvyyksillä ja vahingon suuruus (e/m²) kun uudishinta on 1500 e/m². Alemassa kuvassa on rakennusvahingon luottamusväli. Virheen keskihajonta 0-5 % vesisyvyydestä riippuen. Lähde: USACE National Economic Development Guidance 2010. Funktion kertoimet ($R^2=1,0$): Maksimi ($3,7818x^2 + 31,779x + 17,602$), Keskiarvo ($-4,2544x^2 + 32,796x + 13,478$) – kuvassa & Minimi ($-4,7271x^2 + 33,813x + 9,3537$).



Kuva 2. Irtaimistovahinko prosentteina eri vesisyvyyksillä ja irtaimistovahingon suuruus (e/m²) kun uudishinta on 1500 e/m². Funktion kertoimet ($R^2=1,0$): Maksimi ($-2,0362x^2 + 16,667x + 11,15$), Keskiarvo ($-2,3424x^2 + 17,182x + 8,1779$) & Minimi ($-2,5277x^2 + 17,125x + 5,751$). Lähde: USACE National Economic Development Guidance 2010.