

# Suomen tulvariskit nyt ja tulevaisuudessa

Varautuminen maankäytön, talouden ja ilmaston muutokseen

Antti Parjanne, Jari Silander, Maija Tiitu ja Arto Viinikka





# Suomen tulvariskit nyt ja tulevaisuudessa

**Varautuminen maankäytön, talouden ja ilmaston muutokseen**

**Antti Parjanne, Jari Silander, Maija Tiitu ja Arto Viinikka**



SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUKSEN RAPORTTEJA 30 | 2018

Suomen ympäristökeskus

Vesikeskus

Kirjoittajat: Antti Parjanne<sup>1)</sup>, Jari Silander<sup>1)</sup>, Maija Tiitu<sup>2)</sup>, Arto Viinikka<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Suomen ympäristökeskus, vesikeskus

<sup>2)</sup> Suomen ympäristökeskus, ympäristöpolitiikkakeskus

Vastaava erikoistoimittaja: Ahti Lepistö

Rahoittaja/toimeksiantaja: Maa- ja metsätalousministeriö

Julkaisija ja kustantaja: Suomen ympäristökeskus (SYKE)

PL 140, 00251 Helsinki, puh. 0295 251 000, syke.fi

Taitto: Antti Parjanne

Kannen kuva: Vesa Joensuu / Raahen seutu, Pyhäjoki huhtikuu 2018

Julkaisu on saatavana veloituksetta internetistä: [www.syke.fi/julkaisut](http://www.syke.fi/julkaisut) | [helda.helsinki.fi/syke](http://helda.helsinki.fi/syke) sekä ostettavissa painettuna SYKEN verkkokaupasta: [syke.juvenesprint.fi](http://syke.juvenesprint.fi)

ISBN 978-952-11-4983-2 (nid.)

ISBN 978-952-11-4984-9 (PDF)

ISSN 1796-1718 (pain.)

ISSN 1796-1726 (verkkoj.)

Julkaisuvuosi: 2018

### Suomen tulvariskit nyt ja tulevaisuudessa

Raportissa kuvataan menetelmä, jolla voidaan arvioida tulvariskien kehittymistä Suomessa. Kehitetty menetelmä hyödyntää tietoa toteutuneista tulvista, rakennuskannasta, väestömuutoksesta, talouskasvusta ja ilmaston sekä vesiolojen kehittymisestä. Riskien ennustamiseen on käytetty yleisesti tulvariskien hallinnassa hyväksytyjä ja kansainvälisesti vertailukelpoisia laskentamenetelmiä. Menetelmä on kuvattu läpinäkyvästi, ja sen lähtötiedot ovat yleisesti saatavilla, helposti päivitettävissä, sekä tulokset ovat toistettavissa.

Tulevaisuuden tulvariskiarvioita voi tarkastella internet-palvelussa sivulla [www.ymparisto.fi/tulvaindikaattorit](http://www.ymparisto.fi/tulvaindikaattorit) valtakunnallisesti ja alueellisesti. Tulokset on esitetty vuosille 2015–2100. Käyttäjä voi esimerkiksi arvioida ilmastomuutoksen merkitystä suhteessa väestö- ja talouskasvuun eri vuosina ja eri skenaarioilla. Tulvariskiä ja sen muutosta on kuvattu alueen asukkaiden ja taloudellisen vahinkopotentiaalın avulla. Vuosivahingon odotusarvon avulla voi arvioida tulvariskien hallinnan investointien kannattavuutta, kuten tulvapenkereen korottamista ja veden pidättämistä valuma-alueella.

Tulosten perusteella Suomen tulvariskit monikertaistuvat, jos tulvariskien hallinnan toimenpiteitä ei jatketa ja toteuteta suunnitellusti. Lyhyellä aikavälillä Suomessa on erityisesti syytä varautua talouskasvun sekä väestön ikääntymisen vaikutuksiin tulva-alueilla. Pitkällä aikavälillä ilmastomuutokseen varautuminen on keskeistä. Alueelliset erot ovat suuret. Alimpia suositeltavia rakentamiskorkeuksia noudattamalla voidaan hallita uuden rakennuskannan riskiä, mutta pitkällä aikavälillä joillakin alueilla tarvittaneen myös rakentamisrajoituksia sekä rakenteellisia ratkaisuja kasvavien riskien vähentämiseksi ja lieventämiseksi. Jos tulvariskien ennakoidaan kasvavan, tulisi ennakoitu kasvu huomioida uusia suunnitelmia tehtäessä esim. kaavoituksessa. Sen sijaan pienenevän tulvariskin alueilla tulevaisuusskenaarioita ei voi vielä suositella suunnittelun lähtökohdaksi, johtuen taustatekijöihin liittyvistä epävarmuuksista sekä muutosten hitaasta ja mahdollisesti epälineaarista etenemisestä. Suunnittelun pohjana pitäisi siis käyttää vähintään nykytilanteen suuruista tulvariskiä.

Tuloksia sovellettaessa on hyvä huomata, että ennusteet ovat pääosin alueellisia, mutta talouskasvun ennuste on valtakunnallinen. Sopeutumistoimien vaikutuksia ei ole otettu huomioon, esimerkiksi uusien rakennusten rakentamis- ja perustuskorkeus on sama kuin aiemman rakennuskannan. Uusien rakennuksien odotetaan myös sijoittuvan samassa suhteessa tulvavaara-alueille kuin nykyään. Laskennassa ei ole otettu huomioon aineettomia tai välillisiä vahinkoja, kuten tilapäistä kärsimystä tai toimintojen katkeamisten vaikutuksia. Tulevaisuuden tulvariskiarvioissa ei ole otettu huomioon mahdollisia muutoksia tulvariskeihin sopeutumisessa, maankäytön suunnittelussa tai politiikassa. Tulvariskien hallinnan tukemiseksi arviot olisi hyvä tarkistaa ja laskennan lähtötiedot päivittää 5–12 vuoden välein. Arviointimenetelmää voidaan lähivuosina kehittää muun muassa ottamaan huomioon rakennuskannan kehittyminen sekä muut kuin merkittävät tulvariskialueet.

Tämä työ on toteutettu Maa- ja metsätalousministeriön rahoittamassa ”Kestävä tulvariskien hallinta” hankkeessa 2017–2018. Raportti koostuu kahdesta osasta: A-osassa on kuvattu käytetty arviointimenetelmä skenaarioineen ja B-osassa on esitetty tulokset epävarmuustarkasteluineen.

**Asiasanat:** Tulva, tulvariski, ilmastonmuutos, väestömuutos, talouskasvu, merkittävät tulvariskialueet

### Översvämningsrisker i Finland nu och i framtiden

I rapporten beskrivs en metod för bedömning av översvämningsriskernas utveckling i Finland. Den framtagna metoden utnyttjar information om faktiska översvämningar, byggnadsbeståndet, befolkningsförändringen, den ekonomiska tillväxten samt om utvecklingen i klimatet och vattenförhållandena. Risker prognostiseras med hjälp av internationellt jämförbara kalkylmetoder som är allmänt godkända vid hanteringen av översvämningsrisker. Metoden beskrivs transparent och dess primärdata finns allmänt tillgängliga och är lätta att uppdatera. Dessutom är resultaten reproducerbara.

Bedömningar av framtida översvämningsrisker kan granskas i en webbtjänst på [www.ymparisto.fi/tulvaindikaattori](http://www.ymparisto.fi/tulvaindikaattori) både på riksnivå och på regional nivå. Resultaten presenteras för åren 2015–2100. Användaren kan till exempel bedöma klimatförändringens betydelse i relation till befolkningsökningen och den ekonomiska tillväxten under olika år och med olika scenarier. Översvämningsrisken och förändringen i den beskrivs utifrån invånarna i området och den ekonomiska skadepotentialen. Med hjälp av väntevärdet för årsskadan kan man bedöma huruvida det lönar sig att investera i hanteringen av översvämningsrisker, såsom att höja flodvalLEN och hålla vatten kvar i avrinningsområdet.

Resultaten visar att översvämningsriskerna mångdubblas i Finland om man inte fortsätter med åtgärderna för hantering av översvämningsrisker och vidtar dem planenligt. På kort sikt bör Finland i synnerhet förbereda sig för konsekvenserna av den ekonomiska tillväxten och en allt äldre befolkning inom översvämningsområdena. På lång sikt är förberedelser inför klimatförändringen av central betydelse. De regionala skillnaderna är stora. Risken för det nya byggnadsbeståndet kan hanteras genom att man iakttar de lägsta rekommenderade byggnadshöjderna, men på lång sikt torde man inom vissa områden också behöva byggnadsbegränsningar och konstruktiva lösningar för att minska och lindra de allt större riskerna. Om översvämningsriskerna prognostiseras öka, bör den beräknade tillväxten beaktas när nya planer upprättas, till exempel vid planläggning. Däremot kan framtidsscenarier ännu inte rekommenderas som utgångspunkt för planeringen inom områden med allt mindre översvämningsrisker, främst på grund av osäkerheten avseende bakgrundsfaktorer och förändringarnas långsamma och eventuellt icke-linjära utveckling. Planeringen borde alltså utgå från minst den gällande översvämningsrisken.

När man tillämpar resultaten bör man observera att prognoserna huvudsakligen är regionala men att prognosen över den ekonomiska tillväxten är riksomfattande. Anpassningsåtgärdernas effekter beaktas inte och till exempel byggnads- och fundamenthöjden för nya byggnader är densamma som för det befintliga byggnadsbeståndet. Dessutom förväntas nya byggnader placeras inom områden med översvämningsrisker i samma proportioner som idag. I beräkningen beaktas inte immateriella eller indirekta skador, såsom tillfälligt lidande eller konsekvenser av driftbrott. I bedömningarna avseende framtida översvämningsrisker uppmärksammas inte eventuella ändringar när det gäller anpassning till översvämningsrisker, planering av markanvändning eller politik. För att stödja hanteringen av översvämningsrisker bör bedömningarna justeras och primärdata för beräkningen uppdateras med 5–12 års mellanrum. Inom de närmaste åren kan bedömningsmetoden utvecklas så att den bland annat beaktar byggnadsbeståndets utveckling och även andra områden än de med betydande översvämningsrisker.

Detta arbete har genomförts i projektet ”Kestävä tulvariskien hallinta” för hållbar hantering av översvämningsrisker 2017–2018. Projektet finansieras av Jord- och skogsbruksministeriet. Rapporten består av två delar: i A-delen beskrivs den använda bedömningsmetoden med scenarier och i B-delen presenteras resultaten med osäkerhetsbedömningar.

**Ämnesord:** Översvämnning, översvämningsrisk, befolkningsförändring, ekonomisk tillväxt, områden med betydande översvämningsrisker

## ABSTRACT

### **Flood risks in Finland now and in the future**

The report describes a method that can be used to assess the development of flood risk in Finland. This new method utilises data from past floods, building stock, changes in population, economic growth and the development of the climate and the water regime. Forecasting risks is based on calculation methods that are generally accepted in flood risk management and internationally comparable. The method has been described transparently, and its initial data is generally accessible and easily updated, and the results can be repeated.

Future flood risk assessments can be viewed in the online service at [www.ymparisto.fi/tulvaindikaattorit](http://www.ymparisto.fi/tulvaindikaattorit) both at the scale of Finland and regionally (in Finnish). The results concern the years 2015–2100. Users can, for example, assess the impact of climate change in relation to population and economic growth in different years and in different scenarios. Flood risk and changes reflected in it have been described in terms of local residents and economic damage potential. With the help of the expected value of the annual damages, we can assess the profitability of flood risk management investments, such as the raising of floodbanks and the retaining of water in catchment areas.

Based on the results, the flood risks in Finland are likely to multiply if flood risk management measures are not continued and implemented as planned. In the short term, Finland should be prepared for the effects of population growth and the ageing of the population in flood areas, in particular. In the long term it is crucial to prepare for climate change. Regional differences are significant. The building stock risk can be managed by complying with the recommendations for minimum building elevations, but in the long term, some areas are likely to need building restrictions and structural solutions to reduce and alleviate increasing risks. If flood risks are expected to increase, the assessed increase should be taken into account when making new plans, e.g. in town planning. However, future scenarios cannot yet be recommended as starting points for planning in areas with a diminishing flood risk due to the uncertainties related to background factors and the slow and possibly non-linear progress of change. Planning should therefore be based on a flood risk that corresponds to the current situation, at the least.

When applying the results, it should be noted that the forecasts are primarily regional, but the economic growth prognosis is national. The effects of the adaptation measures have not been taken into account, e.g., the building and foundation elevations are the same as in existing building stock. New buildings are also expected to be located in flood risk areas to the same extent as existing buildings are now. Immaterial or indirect damages, such as temporary inconvenience or effects caused by operations being suspended, are not observed in the calculations. Future flood risk assessments do not observe any possible changes in the ability to adapt to flood risks, land use planning and policy. The assessments should be checked and the initial data for the calculations updated every 5–12 years to support flood risk management. The assessment method can be developed in the coming years to observe the development of building stock and flood risk areas that are not classified as significant, for example.

This work is part of the ‘Kestävä tulvariskien hallinta’ (Sustainable flood risk management) project funded by the Ministry of Agriculture and Forestry in 2017–2018. The report consists of two parts: Section A describes the assessment method and the scenarios used, and section B describes the results along with the related uncertainty assessment.

**Keywords:** Flood, flood risk, climate change, population change, economic growth, significant flood risk areas





## SISÄLLYS

### OSA A: TAUSTA JA MENETELMÄ

<b>1.</b>	<b>Johdanto .....</b>	<b>9</b>
<b>2.</b>	<b>Arviointimenetelmä ja -kehikko.....</b>	<b>11</b>
<b>3.</b>	<b>Skenaariot.....</b>	<b>15</b>
3.1	Sosioekonomiset kehitysskenaariot – maankäyttö ja talous.....	15
3.1.1	Maankäyttöskenaariot .....	16
3.1.2	Väestöennuste.....	17
3.1.3	Talousskasvuskenaariot .....	18
3.2	Ilmastonmuutosskenaariot .....	19
3.3	Yhdistetyt skenaariot .....	22
<b>4.</b>	<b>Tulevaisuuden tulvariskien laskentamenetelmä.....</b>	<b>24</b>
4.1	Tulvariskin laskentamenetelmän kuvaus.....	24
4.1.1	Tulvavaaran todennäköisyyksien laskenta .....	25
4.1.2	Laskennan tekninen toteutus ja käytetyt aineistot.....	26

### OSA B: TULVARISKIARVIOT

<b>5.</b>	<b>Tulvariski nyt ja tulevaisuudessa .....</b>	<b>29</b>
5.1	Tulvariski nykyään .....	29
5.2	Tulvariski tulevaisuudessa.....	33
5.2.1	Miten kokonaistulvariski muuttuu?.....	33
5.2.2	Miten tulvariskin alueelliset erot muuttuvat?.....	34
5.2.3	Miten tulvavaarassa olevien asukkaiden määrän arvioidaan muuttuvan?.....	37
5.2.4	Kumman merkitys on suurempi, ilmaston- vai väestömuutoksen?.....	39
5.2.5	Mitkä tulvatyyppit aiheuttavat suurimman riskin tulevaisuudessa?.....	40
5.2.6	Mitä vaikutuksia globaalilla meriveden nousulla on Suomen tulvariskeihin?.....	41
5.2.7	Mitkä ovat tulevaisuuden tulvien suurimmat vaikutukset?.....	42
5.2.8	Miten tulevaisuuden tulvariskejä voitaisiin hallita tehokkaimmin?.....	42
5.2.9	Mitä riskejä on vaikein ennakoita ja mihin on vaikein varautua?.....	42
5.3	Epävarmuudet ja niiden merkittävyys .....	43
5.4	Tulevaisuuden tulvariskiarvioiden hyödyntäminen.....	45
<b>6.</b>	<b>Yhteenveto .....</b>	<b>47</b>
<b>7.</b>	<b>Liitteet.....</b>	<b>51</b>

## Osa A: Tausta ja menetelmä



Kuva: Timo Yrjänä

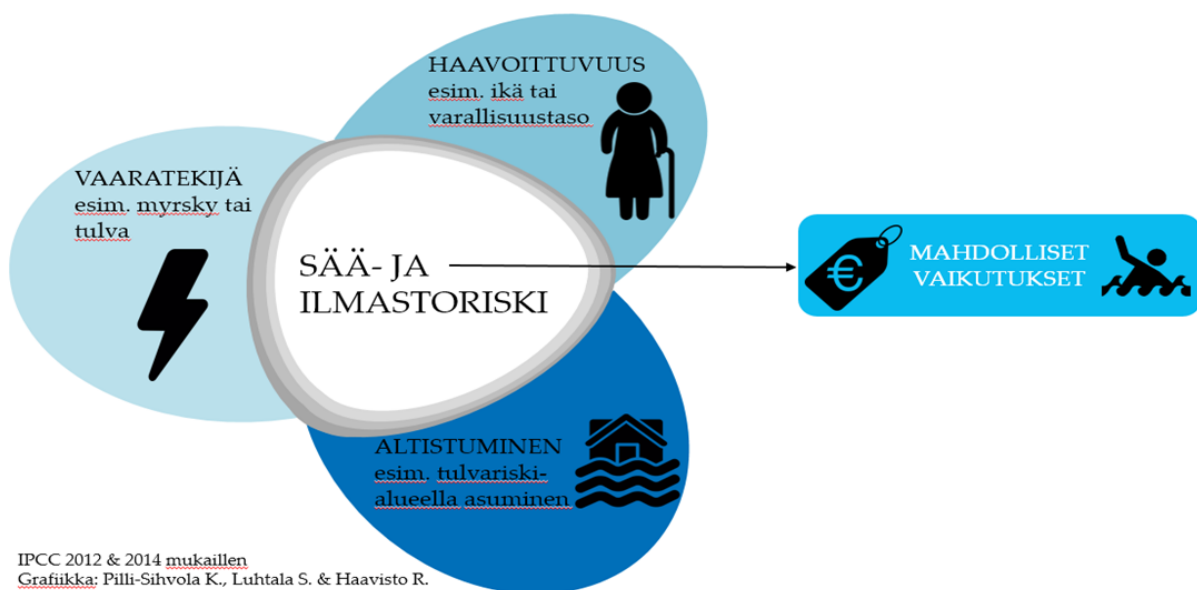
# 1. Johdanto

Tulvariskeille alttiina ovat niin kaupungit, rannikot kuin haja-asutusalueet. Ihmistoiminnan vaikutuksesta tulvariskit muuttuvat. Ilmastonmuutos, maankäyttö sekä vaurastuminen voivat lisätä riskiä ja muuttaa toimenpiteillä saavutettavissa olevia hyötyjä. Tulvariskilain (620/2010) mukaan tunnistetuille merkittävälle 22 tulvariskialueelle on laadittu tulvakartat ja tehty hallintasuunnitelmat, joissa on esitetty tavoitteet ja toimenpiteet riskien vähentämiseksi. Merkittävien tulvariskialueiden suorat rakennusvahingot erittäin harvinaisella tulvalla on arvioitu Suomessa yli miljardiksi euroksi ja alueilla tulvavaarassa tai tulvasuojeltuna asuu 30 000 – 40 000 ihmistä. Arvioiden perusteella laskennallisesti tulvista aiheutuisi - todennäköisyydet huomioon ottaen - vuosittain noin 30 miljoonan euron suorat vahingot ja yli 500 asukkaan koti kastuisi, jos mitään tulvanaikaisia toimenpiteitä ei toteutettaisi. Mikäli kaikki olemassa olevat tulvasuojelut pettäisivät, voisi vuosittain kastua noin 4000 asukkaan koti. Tulvariskien hallintasuunnitelmissa on tarkasteltu toimenpiteiden hyötyjä ja kustannuksia sekä kuvattu niiden etusijajärjestys ja sopeutuminen muuttuviin olosuhteisiin.

Tulvariskilain mukaisella ensimmäisellä tulvariskien hallinnan suunnittelukaudella tehtiin valtakunnallisesti tärkeää työtä tunnistamalla yhtenevästi merkittävät tulvariskialueet sekä laatimalla niille tulvariskikartat ja hallintasuunnitelmat. Työssä keskityttiin kuitenkin lähinnä olemassa olevan tulvariskin vähentämiseen. Jotta Suomen tulvariskien hallintaa voitaisiin tehostaa, pitäisi jatkossa varautua ennakoivasti tuleviin riskeihin esimerkiksi maankäytön suunnittelussa.

Eri hankkeissa on tutkittu ilmastonmuutoksen vaikutusta tulviin (mm. Veijalainen ym. 2012), väestönkasvua (mm. Tilastokeskus 2015) ja yhdyskuntarakenteen muutosta (Tiitu ym. 2015, Haakana ym. 2015, Helminen ym. 2010) sekä talouskasvun vaikutusta tulvariskiiin (Perrels ym. 2010, Silander 2010). Kokonaisvaltainen eri osatekijät huomioon ottava ja valtakunnallisesti kattava tulevaisuuden tulvariskien arvioinnin kehikko sen sijaan on puuttunut. Sitä, mitkä ovat merkittävimmät riskiin vaikuttavat tekijät tulvariskialueilla, ei ole tarkasteltu.

Tässä työssä keskitytään siihen, miten merkittävimmät tulevaisuuden tulvariskit voidaan tunnistaa läpinäkyvästi kaikilla merkittävillä tulvariskialueilla Suomessa ja miten ne muuttuvat lyhyellä, keskipitkällä ja pitkällä aikavälillä. Käytetty riskinarviointimenetelmä perustuu eri maissa hyväksi todettuihin tulvariskien hallinnan käytäntöihin ja menetelmiin. Menetelmällä otetaan huomioon vaaratekijä, haavoittuvuus ja altistuminen kuvan 1 mukaisesti sekä niiden kehittyminen käyttäen yleisesti saatavilla olevia ja perusteltuja skenaarioita.



Kuva 1. Sää- ja ilmatoriskeihin, kuten tulvariskiiin, vaikuttavat tekijät (lähde: IPCC 2012 ja Pilli-Sihvola ym. 2016).

Hankkeen tavoitteena oli parantaa edellytyksiä tehdä kestävää tulvariskien hallintaa aiempaa tehokkaammin. Tätä varten arvioitiin riskin suuruus, kehittyminen (skenaariot) ja merkitys sekä kehitettiin menetelmä toimenpiteiden suunnittelun tueksi. Menetelmän perusteella tehtiin tulvariskiarviot merkittävälle tulvariskialueille. Myös valtakunnallinen tarkastelu onnistuu. Menetelmä on laadittu kattamaan vesistö- ja merivesitulvat, jatkossa mahdollisesti myös muut tulvatyytit ja muut kuin merkittävät tulvariskialueet.

Laskettuja riskiarvioita voidaan käyttää tulvariskilain toimeenpanon tukena tulvariskien alustavassa arvioinnissa, voimavarojen suuntaamisessa oikeille alueille sekä toimenpiteiden arvioinnissa. Arviointiin voi sisällyttää erilaisten mahdollisten sopeutumisstrategioiden vaikutusarviot tulvien toistuvuuden, niille altistumisen ja haavoittuvuuden suhteen. Tuloksia voi käyttää vastattaessa seuraaviin kysymyksiin:

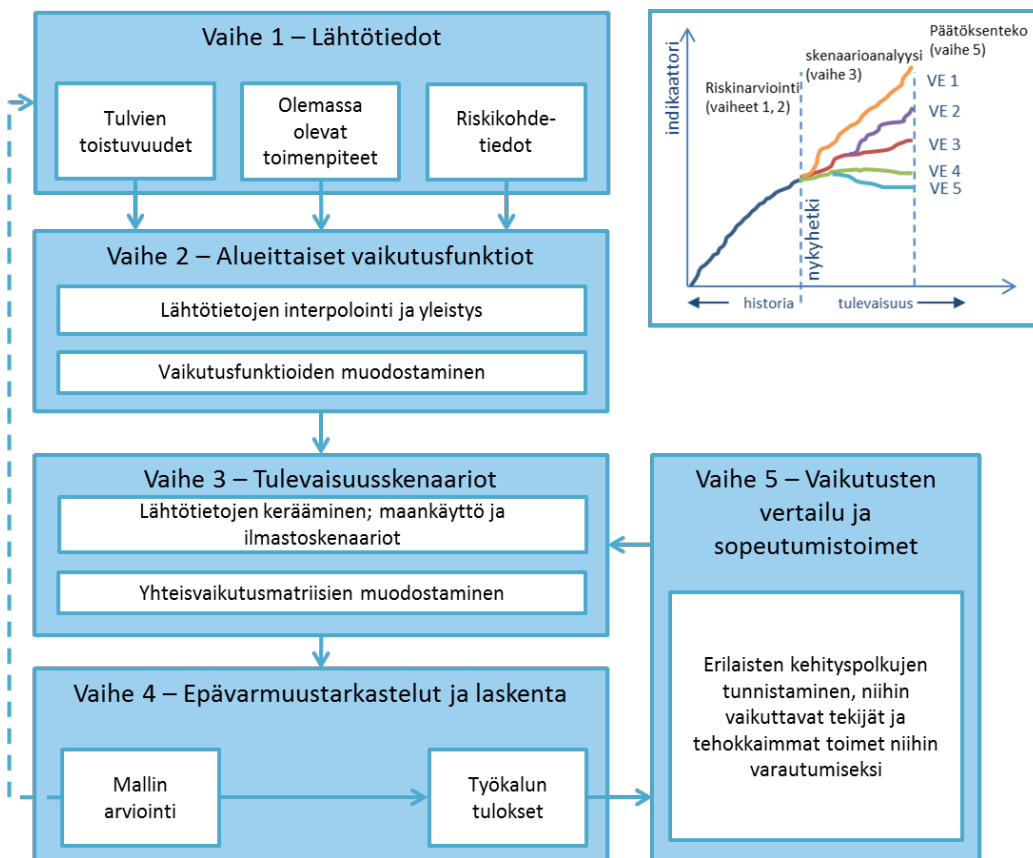
- Kuinka tehokasta tulvariskien hallintamme on nyt ja miten sen arvioidaan kehittyvän?
- Mitkä ovat riskialteimmat alueet ja muuttuuko tilanne tulevaisuudessa?
- Mitkä tekijät vaikuttavat tulvariskien hallintaan?
- Onko alueen tulvariskien hallinta tehokasta ja milloin on oikea hetki reagoida muutoksiin?
- Miten paljon enintään kannattaa investoida tiettyyn sopeutumistoimeen?

## 2. Arviointimenetelmä ja -kehikko

Tulevaisuuden tulvariskien arviointi perustuu tulvariskiin vaikuttaviin skenaarioihin ja niiden vaikutusten tarkaste- luun. Tulvariski on todennäköisyyden ja seurauksen yhdistelmä. Seuraukset riippuvat vaaran asteesta ja haavoittu- vuudesta. Muutokset systeemissä ja sen taustavoimissa muuttavat riskiä. Tässä arviointimenetelmässä on keskitytty tulvariskien hallinnan ulkopuolisiin vaikuttaviin tekijöihin, kuten ilmastonmuutokseen, maankäyttöön, väestömuu- tokseen ja talouteen. On myös otettu huomioon väestörakenteen muutos sekä maankohoaminen. Näiden muutosten mallintamiseksi on laadittu tulvien ja haavoittuvuuden skenaarioihin perustuva arviointikehikko. Tulvariskien hal- linnassa ja -politiikassa tapahtuvien muutosten vaikutusta systeemiin pitää tarkastella erikseen.

Tässä tutkimuksessa käytetty arviointimenetelmä perustuu kuvan 2 mukaiseen prosessiin. Vaiheissa 1 ja 2 käy- tetään olemassa olevaa tietoa. Muut vaiheet ovat uusia ja ne on lähtötietoineen kuvattu tässä raportissa.

- Vaiheessa 1 arvioidaan nykyistä riskiä; määritellään arvioinnin lähtökohdat: tulvavaara ja sen ar- vioinnissa käytettävät skenaariot, arvioitavat tulvariskien hallinnan nykykäytännöt sekä tulvaris- kikohteet.
- Vaiheessa 2 määritellään edellä määriteltyjen tietojen perusteella riskikohteiden ja nykykäytäntö- jen haavoittuvuudet sekä määritetään niiden nykyarvo.
- Vaiheessa 3 määritellään tulvariskiä (mahdollisesti) muuttavat tekijät, kerätään saatavissa olevat lähtötiedot ja tarvittaessa tehdään skenaariotarkastelut. (katso luku 3. Skenaariot)
- Vaiheessa 4 arvioidaan tulevaisuuden tulvariskit edellisten vaiheiden tietojen perusteella ja teh- dään epävarmuustarkastelut. (katso luvut 4 ja 5.3)
- Vaiheessa 5 tarkastellaan erilaisten epävarmuutta aiheuttavien tekijöiden sekä sopeutumistoimien vaikutusta arvioihin, tunnistetaan eri skenaarioihin parhaiten sopivat ratkaisut ja niiden vaikutuk- set riskin muutokseen. (katso luku 5.2 Tulvariski tulevaisuudessa)

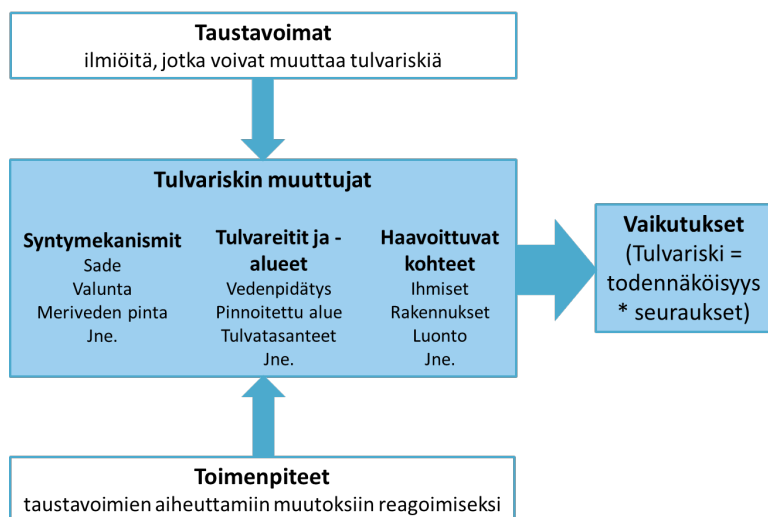


Kuva 2. Tulevaisuuden tulvariskien arvioinnissa käytetyn menetelmän vaiheet 1-5. Sayers'in (2015) mukaan.

Arvioinnin lähtökohtana ovat erilaiset skenaariot eri aikajäniteille. Tulevaisuuden tulvariskien arviointi perustuu ilmastonmuutoksen osalta hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneeli IPCC:n kokoamiin RCP-skenaarioihin ja sosioekonomisten vaikutusten osalta SSP-skenaarioihin. Nämä skenaariot ovat riippuvaisia toisistaan ja niitä on kuvattu tarkemmin seuraavassa luvussa. Arvioinnissa on otettu huomioon vesistö- ja meritulvat. Huomioon on pyritty ottamaan tulvariskilain (620/2010) 8 §:n mukaiset vahingolliset seuraukset ihmisten terveydelle ja turvallisuudelle, elintärkeiden toimintojen ja välttämättömyyspalveluiden keskeytyminen sekä vahingolliset seuraukset ympäristölle ja kulttuuriperinnölle. Näiden lisäksi on tarkasteltu taloudellisia seurauksia. Arviointi perustuu näiden tekijöiden muutosta kuvaaviin skenaarioihin sekä tulvien todennäköisyyksistä ja niiden muuttumisesta tehtyihin arvioihin. Arviointikehikko on laadittu valtakunnallisen tulvariskitutkimuksen tarpeeseen, ja siinä on hyödynnetty mm. Iso-Britanniassa tehtyä Foresight -skenaariotyötä (mm. Evans ym. 2008).

Arviointikehikossa tarkastellaan kahta asiaa: taustavoimia sekä toimenpiteitä. Taustavoimat ovat luonnon tai ihmisen aiheuttamia ilmiöitä kuten ilmastonmuutos, kaupungistuminen ja viljelykäytännöt, jotka voivat muuttaa tulvariskiä (todennäköisyyttä, vaaran astetta tai haavoittuvuutta). Toimenpiteillä tarkoitetaan tulvariskien hallinnan menetelmiä, joita toteutetaan tulvariskien vähentämiseksi ja vahinkojen ehkäisemiseksi eli taustavoimien aiheuttamiin muutoksiin reagoimiseksi (kuva 3). Tulvariskien hallinnalla voidaan vaikuttaa haavoittuvuuteen ja tulvan suuruuteen, mutta riskin suuruuteen vaikuttaa myös kohteiden arvo eli markkinavoimat, joten talousskenaarioiden tarkastelu kytkeytyy olennaisesti osaksi arviointia.

Taustavoimat ja toimenpiteet voivat vaikuttaa tulvien syntymekanismeihin, kuten esimerkiksi muutoksiin sademäärissä ja merivedenkorkeudessa. Samoin ne voivat vaikuttaa tulvareitteihin ja -alueisiin, jotka johtavat syntyneet tulvavedet alueille, joilla haavoittuvat kohteet kärsivät vaikutuksista.



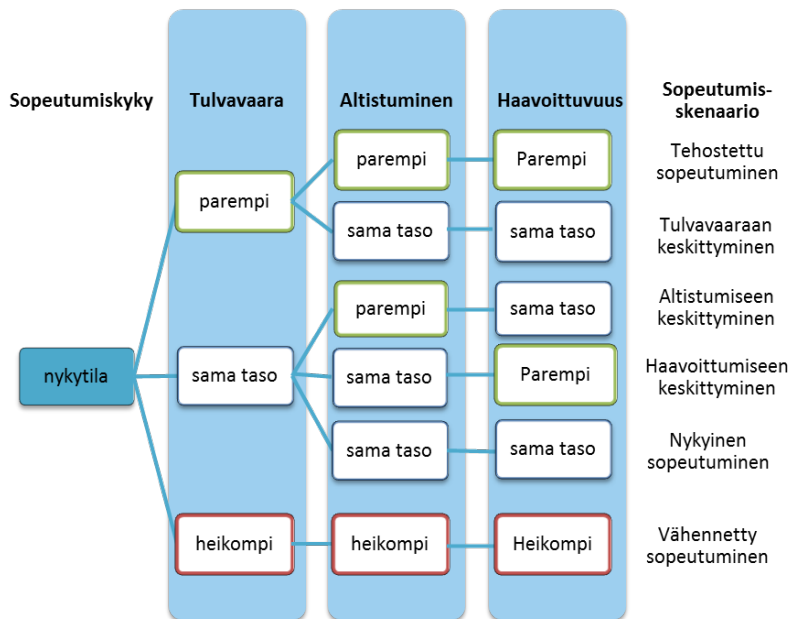
Kuva 3. Arviointikehikon taustavoimat ja niihin reagointi. Evans'in ym. (2008) mukaan.

Ilmastonmuutos on selkeimmin tulvien syntymekanismiin vaikuttava taustavoima. Maankäytön suunnittelulla voidaan vaikuttaa merkittävästi altistumiseen eli kohteiden sijoittumiseen. Maankäytön suunnittelussa voidaan varautua myös ilmastonmuutokseen ja siten vähentää altistumista ja haavoittuvuutta. Tulvareittien ja -alueiden suurin muutosvoima on yleensä alueella tehtävät toimenpiteet, mutta myös maankäyttö taustavoimana esimerkiksi pinnoitetun alueen lisääntymisen myötä. Arviointikehikkoa on käytetty apuna tulvariskisysteemin kaikkien taustavoimien tunnistamisessa. Kehikon perusteella on valittu merkittävimmät taustavoimat arviointimenetelmän yksinkertaistamiseksi (taulukko 1). Valitut taustavoimat ovat lähes samat kuin Iso-Britanniassa (Sayers ym. 2015, 2017), sillä erotuksella että Suomen rannikolla myrskyt ja eroosio eivät ole yhtä merkittäviä, mutta maankohoaminen on syytä ottaa huomioon. Taustavoimien merkitystä ja muutosta tulvariskisiin täytyy arvioida aina jatkossa riskiarvioita päivitettäessä. On syytä myös ottaa huomioon, että osa taustavoimista on riippuvaisia toisistaan, joten joidenkin taustavoimien vaikutuksia pystytään ottamaan osin sisällyttämään tarkasteluun muiden taustavoimien kautta.

**Taulukko 1.** Tulvariskiä vaikuttavat muuttajat sekä niiden vaikutuskuvaukset ja arvioit merkittävydestä. Merkitys tulvariskiä on arvioitu ns. keskiskenaarion pohjalta asteikolla 1–5 (hyvin pieni – merkittävä) ja kuvattu taulukkoon harmaan eri sävyin. Arviointimenetelmässä on otettu huomioon kaksi tummimman sävyn luokkaa.

Taustavoima	Lyhyt kuvaus	
Syntyvät	Sade (5)	Keskeinen tekijä kertyvän vesimäärän, valunnan ja intensiteetin osalta
	Lämpötila (5)	Vaikuttaa mm. lumen määrään ja sulamisnopeuteen, haihduntaan ja maankosteuteen.
	Valunta (5)	Riippuu keskeisistä hydrologisista suureista kuten mm. sateisuudesta, lämpötilasta, maankosteudesta ja haihdunnasta
	Lumi (4)	Riippuu sademäärästä, lämpötilasta sekä ajankohdasta ja pakkasjakson pituudesta
	Jää- ja hyydepadot (3)	Riippuu virtaamasta ja lämpötilasta sekä niiden muutoksista
	Valtamerten pinnannousu (4)	Valtamerien pinta nousee ilmaston lämpenemisen aiheuttaman lämpölaajenemisen ja jäätiköiden sulamisen seurauksena n. 3mm/v.
	Myrskyt (3)	Voivat aiheuttaa voimakasta aallokkoa, mutta vaikutus lyhytaikainen ja harvoin yhdessä tulvahuipun kanssa.
	Ilmanpaine-erot (2)	Vaikuttaa Itämeren kokonaisvesimäärään, mutta vaikutus lyhytaikainen
	Itämeren ominaisheilahtelu (2)	Aiheuttaa pientä kallistumaa Itämeren pintaan. Samanaikaisesti muiden lyhytaikaisten vaikutusten kanssa voi vaikuttaa meritulvien suuruuteen.
	Aallokko (2)	Voi pahentaa korkean meren pinnan vaikutusta.
Maanpinnan kohoaminen (4)	Maankohoaminen ja merenpinnan nousu muuttavat rantaviivan sijaintia vastakkaisiin suuntiin. Maankohoaminen kumoaa Suomessa suuren osan merenpinnan noususta	
Tulvareitit ja -alueet	Maankäytön suunnittelu (5)	Altistuminen on suoraan riippuvaista kohteiden sijainnista
	Vettäläpäisemättömän alueen lisääntyminen (3)	Vesi imeytyy heikommin pinnoitetuilta alueilta. Vaikuttaa erityisesti hulevesitulviin pintavaluntaa lisäävästi.
	Ympäristösääntely (3)	Vaikuttaa tulvariskien hallintaan, mutta niin merkittäviä muutoksia ei ole odotettavissa että pitäisi huomioida erikseen.
	Morfologia ja sedimentaatio (1)	Vaikutusta lähinnä jokivesistöissä, ja sekin kokonaisuus huomioiden vähäistä
	Vesikasvillisuus (2)	Kesäaikainen kasvillisuus voi hidastaa virtaamia ja nostaa vedenkorkeuksia kevätaikaisia vastaavia virtaamia suuremmiksi.
	Kaupungistuminen (4)	Riskipotentialin keskittyminen ja arvonnousu vaikuttavat haavoittuvuuteen, pinnoitetun alueen lisäys nopeuttaa valuntaa ja heikentää imeytymistä.
	Hulevesiverkoston kapasiteetti (3)	Merkittävä tekijä hulevesitulvien osalta. Hulevesiverkostosta ei kuitenkaan ole valtakunnallisia kattavia tietoja ja hankala mallintaa muutenkin. Pintavalunnan vaikutus vähintään saman suuruinen.
	Ihmisten käyttäytyminen (3)	Vaikutusta erityisesti terveydelle ja turvallisuudelle aiheutuviin vahinkoihin, mutta hankala mallintaa ja on tilanteesta riippuvaista
Haavoittuvat kohteet	Ihmisten terveys ja turvallisuus (4)	Tulvariskien hallinnan tärkein ehkäistävä vahingollinen seuraus.
	Rakennukset ja irtaimisto (4)	Aiheuttaa suurimmat suorat taloudelliset vahingot
	Infrastuktuuuri (3)	Voi aiheutua suuriakin vahinkoja, mutta vaatii yleensä tapaus- ja kohdekohtaista arviointia. Välilliset vaikutukset voivat olla suuria.
	Yhteiskunnan toiminnot (3)	Voivat aiheuttaa huomattavia välillisiä vahinkoja ja vaikutuksia
	Maatalous (2)	Vaikutukset lähinnä yksityistaloudellisia, joskin voivat olla suuriakin. Tulevaisuuden kehitystä hankala ennakoita.
	Ympäristö (2)	Vaatii yleensä tapaus- ja kohdekohtaista arviointia. Riskikohteiden määrä ja mahdolliset vahingot eivät yleensä kovin merkittäviä.
	Kulttuuri (2)	Vaatii yleensä tapaus- ja kohdekohtaista arviointia. Riskikohteiden määrä ja mahdolliset vahingot eivät yleensä kovin merkittäviä.
	Liiketoiminta ja teollisuus (3)	Voivat aiheuttaa huomattavia välillisiä vahinkoja ja vaikutuksia
Sosiaaliset vaikutukset (2)	Vaikutusta erityisesti terveydelle ja turvallisuudelle aiheutuviin vahinkoihin, mutta hankala mallintaa ja on tilanteesta riippuvaista	

Tulvariski voi muuttua ihmisten käyttäytymisen ja politiikan muutosten myötä. Esimerkiksi parempi tietoisuus tulvavaarasta voi muuttaa riskialueen asukkaiden käyttäytymistä tai poliittisilla päätöksillä voidaan vaikuttaa varautumisen tasoon. Muutos voi kuitenkin tapahtua myös toiseen suuntaan, esimerkiksi toteutettujen rakenteiden kunnossapidon laiminlyönnin seurauksena. Myös jäännösriski on aina olemassa. Nämä edellä mainitut inhimilliset riskitekijät ovat kuitenkin vaikeita ennakoida ja mallintaa, joten ne on jätetty osin tulevaisuuden tulvariskitarkastelun ulkopuolelle. Erialaisten toimenpiteiden (sopeutumisstrategioiden tai tulvariskien hallinnan käytäntöjen) vaikutusta sopeutumiseen on kuitenkin pohdittu tulosten yhteydessä karkeasti alla olevan kaavion pohjalta tulvien toistuvuuden, niille altistumisen ja haavoittuvuuden suhteen (kuva 4). Myös eri käytännöistä aiheutuvat epävarmuudet on pyritty ottamaan huomioon mahdollisimman hyvin.



Kuva 4. Toimenpiteiden ja riskin riippuvuus tehdyistä päätöksistä. Sayers'in (2016) mukaan.

Tulevaisuuden tulvariskien mallinnuksen tekee haastavaksi se, että vaikka arviointikehikko on yksinkertaistettu malli todellisesta epävarmasta systeemistä, ovat systeemin taustavoimat ja toimenpiteet riippuvaisia keskenään. Periaatteessa kaikki vaikuttaa kaikkeen. Skenaariotyössä joudutaan ymmärrettävän ja hallittavan skenaariomatriisin luomiseksi tekemään yleistyksiä ja rajaamaan epäolennaisimmat skenaariot tutkimuksen ulkopuolelle.



## 3. Skenaariot

Tulvariskin muutoksiin vaikuttavat Bouwer'in ym. (2010) mukaan eniten maankäytön muutos, talouden kehittyminen sekä ilmastonmuutos. Tässä luvussa on kuvattu hyödynnetyt skenaariot, tarkempaa lisätietoa niiden taustaoletuksista ja epävarmuuksista löytyy annetuista viitteistä. Skenaarioiden yhteensovittamiseen liittyviä oletuksia ja virhelähteitä on kuvattu omassa luvussaan sekä raportin lopussa epävarmuustarkasteluiden yhteydessä.

Skenaariot perustuvat kustakin taustavoimasta tai systeemistä laadittujen vaikutusmallien tuloksiin. Vaikutusmalleissa luonnon ilmiöt, esim. valunnan suuruus ja sen muutokset ajan suhteen, on kuvattu matemaattisten yhtälöiden avulla. Tulokset riippuvat käytettävissä olevista tulevaisuusarvioista ja mallin rajauksesta, eli siitä, mitkä tekijät ja prosessit on huomioitu ilmiön kuvauksessa. Tuloksiin vaikuttaa myös millä nopeuksilla arvioidaan tekijöiden muuttuvan.

Hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneeli IPCC:n kokoamien ilmastoskenaarioiden avulla arvioidaan kasvihuonekaasujen, ja muiden ilmastoa muuttavien kaasujen pitoisuuksien mahdollista tulevaa kehitystä. Näitä niin sanottuja RCP-skenaarioita (Representative Concentration Pathways) on IPCC:n 5. arviointiraportissa neljä erilaista. Numeroarvot viittaavat ilmakehän kasvihuonekaasu- ja aerosolipitoisuuksien aiheuttamien säteilypakotteiden suuruuteen ( $W/m^2$ ). Päästöjen kehityksen lisäksi niissä huomioidaan sosioekonominen kehitys, mm. maankäyttö. Aikaisemmissa SRES-skenaarioissa ilmastoskenaariot määriteltiin päästöskenaarioiden avulla ja ne perustuivat erilaisiin sosioekonomisiin kehityskulkuihin. IPCC:n uusimmissa skenaarioissa (mm. Moss ym. 2010) lähtökohdaksi on otettu erilaiset mahdolliset säteilypakotteiden kehityskulut, joiden perusteella on määritelty ilmastoskenaariot sekä sosioekonomiset skenaariot (SSP, Shared Socioeconomic Pathways, versio 1.1.).

- RCP2.6: Huippuoptimistinen - päästöt kääntyvät jyrkkään laskuun v. 2020 jälkeen
- RCP4.5: Melko toiveikas - päästöt kääntyvät laskuun v. 2040 tienoilla
- RCP6.0: Päästöt suurimmillaan vuosisadan jälkipuoliskolla
- RCP8.5: Katastrofivaihtoehto: päästöt kasvavat jatkuvasti ja kolminkertaistuvat v. 2100 mennessä
  
- SSP1: Vakaa kehitys – kohti globaaleita kehitystavoitteita, maiden ja talouksien tasa-arvoa
- SSP2: Keskitie / nykykehityksen jatko – nykyinen sosioekonominen kehitys jatkuu
- SSP3: Pirstoutuminen – suuret haasteet sopeutumisessa ja vaikutusten vähentämisessä
- SSP4: Eriarvoistuminen – varallisuus ja valta jakaantuneet epätasaisesti
- SSP5: Perinteinen kehitys – perinteisen hiilivoiman hyödyntäminen ja nopea talouskasvu

RCP6.0 -skenaario on melko samankaltainen kuin RCP4.5 -skenaario lyhyellä tai keskipitkällä aikavälillä. Molemmat edustavat keskiskenaarioita. Yksinkertaistamiseksi RCP6.0 voidaan jättää tarkasteluiden ulkopuolelle. SSP-skenaarioiden osalta SSP4 -skenaariota voi jättää Suomessa tarkastelematta, koska siinä suurimmat päästöt tuottavilla mailla on myös eniten resursseja vaikutusten vähentämiseksi, jolloin sopeutumishaasteet kokonaisuutena eivät muodostu kovin suuriksi. Myös SSP5 -skenaario voidaan jättää tarkastelematta johtuen nopean talouskasvun tuomien lisäresurssien kohdistamisesta ainakin osittain sopeutumistoimiin. SSP3 -skenaario on tietyllä tapaa enemmän ääriarvoskenaario kuin SSP5 tai SSP4. Näin ollen molempia skenaariotyyppiä jää tarkasteluun mukaan kolme kappaletta: RCP:t 2.6, 4.5 ja 8.5 sekä SSP:t 1, 2 ja 3.

### 3.1 Sosioekonomiset kehitysskenaariot – maankäyttö ja talous

Sosioekonomisen kehityksen vaikutusta tulvariskeihin on arvioitu maankäytön tarpeen eli väestömuutoksen sekä talouskasvun perusteella. Suhteellisesti talouskasvun on arvioitu vaikuttavan enemmän sosioekonomisen tulvariskin kehittymiseen, kuin asukkaiden määrän (Fronzek ym. 2018)

Talouskasvu on talouden tuottamien tavaroiden ja palvelujen tuotantomäärän muuttumista ja sitä mitataan tavallisesti bruttokansantuotteen muutoksilla. Talouskasvun taustalla ovat investoinnit sekä tuottavuuden muutokset johtuen muun muassa pääoman- ja väestönkasvusta. Tiedetään, että talouskasvun myötä ihmisten varallisuus sekä

rakennusten, infrastruktuurin ja muiden toimintojen arvo nousee vaikuttaen tulvavahinkoihin. Tulvavahinkojen kasvu taas johtaa tulvariskin kasvuun, ja kasvun suuruus on niin merkittävä että se on otettava huomioon tarkasteltaessa tulevaisuuden tulvariskejä (Bouwer ym. 2010, Perrels ym. 2010). Alueiden välillä on eroja ja alueiden hinnoissa tapahtuu eriytymistä. Rakennuksien arvo muuttuu myös kun rakennuksia korjataan ja tehtäisiin investoidaan. Välillisinä vaikutuksina esimerkiksi vaarallisten aineiden käsittelystä johtuvat ympäristöriskit voivat kasvaa. Pitt ym. (2008) käyttivät Iso-Britanniassa skenaarioita, jotka yhdistävät ilmastonmuutoksen ja sosioekonomisen kehityksen. Suomessa Perrels ym. (2010) ovat arvioineet, että vuosina 2005–2050 suorat tulvavahingot Porissa kasvavat 15 % ilmastonmuutoksen ja 50 % taloudellisen kasvun seurauksena.

Maankäytön suunnittelulla voidaan vaikuttaa siihen, kuinka asukkaiden ja talouden tulvariski tulevaisuudessa kehittyi suhteessa ilmastonmuutosskenaarioihin. Asukkaisiin, rakennuksiin ja infrastruktuuriin kohdistuvaa tulvariskiä voidaan arvioida esimerkiksi mallintamalla sitä, kuinka suuri osa uudesta rakennuskannasta sijoittuu tulvavaara-alueille. Rakennusten ja infrastruktuurin tarvetta taas arvioidaan ja kaavoitetaan alueen väestö- ja työpaikka-kehityksen perusteella. Väestökehitykseen pohjautuva asuntotarve vaihtelee Suomessa huomattavasti. Väestö on kasautunut suurimmille kaupunkiseuduille samalla, kun maaseutumaiset alueet ovat tyhjentyneet, ja kehityksen ennustetaan jatkuvan (Rissanen ym. 2013). Tämä tarkoittaa, että kasvavissa kaupungeissa on myös suurempi paine kaavoittaa uusia rakennuksia ja väestöä tulvavaara-alueille. Sosiaalisen tulvariskin näkökulmasta on tarpeen tarkastella erityisen haavoittuvassa asemassa olevan väestön (lapsien ja vanhusten) sijoittumista tulvavaara-alueilla (esim. Kask 2015).

### 3.1.1 Maankäyttöskenaariot

Tulvariski koostuu useista eri haavoittuvuus- ja altistumistekijöistä, kuten asukkaista, rakennuksista, kulttuuriperinnöstä ja maanpeitteestä. Merkittävin tekijä näistä on kuitenkin rakennuskanta, sillä rakennusten määrä alueella kertoo myös väestön, infrastruktuurin ja liiketoiminnan määrästä alueella. Toisaalta rakennuskannan kehityksen arviointi kytkeytyy tiiviisti väestökehityksen ennustamiseen.

Suomi on kaupungistunut viime vuosikymmeninä voimakkaasti ja aluerakenne on eriytynyt: alueet jakautuvat yhä voimakkaammin kasvaviin ja taantuviin. Noin 70 % suomalaisista asui vuonna 2014 suurimman 34 kaupunkiseudun alueella, ja osuus on noussut 10 prosenttiyksikköä vuodesta 1990 (YKR 2017). Se, kuinka kaupungistuminen etenee Suomessa seuraavien vuosikymmenien aikana, määrittelee pitkälti koko maan mittakaavassa, minne rakentaminen ja sen myötä tulvariski keskittyy.

Tulevan rakennuskannan sijoittumiseen yhdyskuntarakenteessa vaikuttaa maankäytön ohjaus, eli kuinka hyvin uudet rakennukset saadaan ohjattua alueille joiden tulvariski on vähäinen. Asuinrakentamisen määrään tulevaisuudessa vaikuttaa olennaisesti demografiset tekijät. Erityisesti pienten asutokuntien yleistyminen Suomessa, kuten myös esimerkiksi Ruotsissa, Norjassa, Tanskassa, Alankomaissa (Vainio 2016; SYKE ym. 2017) ja Isossa-Britanniassa (Evans ym. 2008), kasvattavat väestönkasvun vaatimaa maanpinta-alaa (Tiitu ym. 2015). Väestön voimakas ikääntyminen ja pyrkimykset tukea ikääntyneiden kotona asumista voimistanevat asuntotarvetta ja rakennusten määrää myös tulevaisuudessa (Rehunen ym. 2016; Helminen ym. 2017). Ikääntymisen myötä alueiden sisäinen muuttoliike kohdistuu erityisesti kunta- ja aluekeskuksiin, joissa ikääntyneiden tarvitsemat palvelut sijaitsevat kävelyetäisyydellä (Ristimäki ym. 2013). Tämä saattaa johtaa tulvariskin kasvamiseen myös sellaisissa kuntakeskuksissa, joissa koko seudun tasolla väestö vähenee.

Myös maahanmuutto kasvattaa kaupungistumista ja asuntotarvetta, sillä keskimäärin maahanmuuttajat hakeutuvat useammin asumaan kaupunkeihin kuin maaseudulle. Vuonna 2003 yli 90 prosenttia maahanmuuttajista asui kaupunkialueilla. Pääkaupunkiseudulla maahanmuuttajien osuus väestöstä oli kuitenkin edelleen kaksinkertainen verrattuna muihin kaupunkialueisiin. Kaikkein pienin osuus oli harvaan asutulla maaseudulla (Saari 2013).

Yksi tulvariskiä rakennetussa ympäristössä lisäävä tekijä on vettä läpäisemätön maanpeite, kuten asfaltti tai rakennusten katot, jotka lisäävät pintavaluntaa. Nykyisin kiinnitetään enemmän huomiota hulevesien pidättämiseen, koska viherrakenteet tuottavat tiivistä rakennetussa ympäristössä myös monia muita hyötyjä (esim. virkistys, luontokontaktin lisääntyminen, estetiikka). Läpäisevän maanpeitteen määrää erityyppisillä alueilla ei tässä tutkimuksessa mallinnettu, mutta sen merkitys tulvariskin vähentämisessä on tärkeä tunnistaa käytännön suunnittelussa ja ottaa huomioon tämän tulevaisuuden tulvariskien arviointimenetelmän jatkokehityksessä.

### 3.1.2 Väestöennuste

Tulevaisuuden tulvariskin arvioimiseksi tarvitaan tietoa tulevaisuuden väestökehityksestä. Tilastokeskus laatii Suomessa säännöllisesti päivittyvän väestöennusteen. Aineisto sisältää ikäluokittaisen ennusteen kunnittain. Uusin ennuste on vuodelta 2015, ulottuen kunnittain vuoteen 2040 ja koko maan tasolla vuoteen 2065 (Tilastokeskus 2015). Väestöennuste ei kuitenkaan huomioi esimerkiksi taloudellisia tai sosiaalisia tekijöitä eikä yhteiskunta- ja aluepoliittisten päätösten vaikutuksia väestön kehitykseen. Myös demografisten tekijöiden kehittymiseen liittyy suuria epävarmuustekijöitä, minkä takia on perusteltua tarkastella erilaisia skenaarioita.

Skenaarioiden lähtökohdaksi valittiin SSP-skenaariot 1, 2 ja 3, jotka on kuvattu luvun 3 alussa. Skenaariot on laatinut IPCC:lle IIASA:n instituutti Itävallassa (International Institute for Applied Systems Analysis). Eri skenaarioille on laadittu omat väestökehityksen taustamuuttujia koskevat maaryhmittäiset oletukset (taulukko 2), jotka skaalattiin Suomen oloihin soveltuviksi. Taustamuuttujista koulutus jätettiin pois, sillä sen vaikutus eri skenaarioiden mukaiseen väestökehitykseen Suomen oloissa arvioitiin erittäin vähäiseksi. Väestökehityksen taustamuuttujat olivat täten hedelmällisyys, kuolleisuus ja muuttoliike. SSP2-skenaario on edustaa ns. perusuraa, jossa kehitys etenee nykyisenkaltaisena, ja muut oletukset on määritelty suhteessa siihen.

**Taulukko 2.** Väestökehityksen ennustamiseen käytettyjen lähtöoletusten suhde toisiinsa skenaarioissa SSP1, SSP2 ja SSP3 (KC ja Lutz 2017, muokattu).

Skenaario ja maaryhmä	Syntyvyys	Kuolleisuus	Muuttoliike
SSP1. Rikkaat OECD-maat	Keskiverto	Alhainen	Keskiverto
SSP2. Rikkaat OECD-maat	Keskiverto	Keskiverto	Keskiverto
SSP3. Rikkaat OECD-maat	Alhainen	Korkea	Alhainen

Väestöennusteiden laskenta tehtiin nykyisille merkittävälle tulvariskialueille vuoteen 2100 asti. Laskennassa hyödynnettiin kehitysvaiheessa olevaa kuntien asumisen suunnittelun työkalua ([KASSU](#)), joka mahdollistaa alueellisesti kuntaa tarkemman väestöennusteen laatimisen. Kyseessä on ns. kohortti-komponenttimalli, jossa komponentteina ovat syntyvyys, kuolleisuus, kuntien välinen muuttoliike sekä maahanmuutto. Aineistoina mallissa käytetään Rakennus- ja huoneistorekisteriä (RHR), Tilastokeskuksen muuttoliike-aineistoa sekä avoimia aineistoja syntyvyydestä, kuolleisuudesta ja maahanmuutosta. Erityisesti muuttoliikkeellä on suuri vaikutus eri alueiden väestöennusteeseen. Tämä näkyy myös suurimpana epävarmuutena, kehitysvaiheessa olevassa väestöennustemallissa. Mallia on sittemmin kehitetty edelleen tarkentamalla muuttoliikeaineistoa ja määrittämällä suhteellinen poismuutto vuotuisen väestöön nähden. Uusien merkittävien tulvariskialueiden (Lapväärti, Pyhäjoki ja Kemin rannikko) väestöennusteet on laskettu tällä versiolla.

Perusuraskenaarion SSP2 taustaoletukset ovat yhteneväiset Tilastokeskuksen väestöennusteen kanssa, ja skenaarioissa SSP1 ja SSP3 taas taustaoletuksia muutettiin IIASA:n skenaarioiden lähtöoletusten (KC ym. 2013) mukaisesti. Väestöennuste tehtiin kolmessa ikäryhmässä: alle 7-vuotiaat, yli 74-vuotiaat sekä muut ikäryhmät 7–74-vuotiaat, jotta pystyttiin tarkastelemaan tulvariskin kannalta erityisen haavoittuvia väestöryhmiä (esim. Kask 2015; HSY 2017).

#### Taustaoletukset

##### Syntyvyys

Tilastokeskuksen hedelmällisyyskertoimet ulottuvat tällä hetkellä vuoteen 2040. Perusuraskenaariossa syntyvyys on mallinnettu vuoteen 2100 olettaen, että vuoden 2040 kerroin pysyy vakiona. Skenaariossa SSP3 hedelmällisyys vähenee 20 % vuoteen 2030 asti, 25 % vuoteen 2050 asti säilyen siitä eteenpäin vuoden 2050 tasolla (KC ym. 2013).

## Kuolleisuus

Tilastokeskuksen kuolleisuuskertoimet ulottuvat tällä hetkellä vuoteen 2040. Perusuraskenaariossa kuolleisuus on mallinnettu vuoteen 2100 olettaen, että vuoden 2040 jälkeen kerroin pysyy vakiona. Kertoimen muutosta ei voinut mallintaa suoraan vuosien 2015–2040 trendin mukaan vuoteen 2100 asti, koska se muuttuu vähenevän trendin myötä arvoksi 0. Skenaariossa SSP1 kuolleisuus vähenee 20 % vuoteen 2030 asti, 25 % vuoteen 2050 asti säilyen siitä eteenpäin vuoden 2050 tasolla. Skenaariossa SSP3 taas kuolleisuus kasvaa 20 % vuoteen 2030 asti, 25 % vuoteen 2050 asti säilyen siitä eteenpäin vuoden 2050 tasolla (KC ym. 2013). Kuolleisuus on SSP-skenaarioissa määriteltä naisten elinajanodotteen perusteella mallintamalla eri maiden kehitystä suhteessa alueellisiin edelläkävijämaihin, eli sellaisiin maihin, joissa elinajanodote nousee eniten kyseisellä alueella. Täten kuolleisuuden muutos kuvaakin elinajanodotteen muutosta suhteessa em. edelläkävijämaihin, ei varsinaista kuolleisuuden vähenemistä tai lisääntymistä.

## Muuttoliike

Aineistona on käytetty YKR-muuttoliikeaineistoa (Tilastokeskus), jossa on huomioitu viimeisen 5 vuoden tulva-aluekohtainen painotettu muuttoliike, joka pysyy vakiona koko ennustekauden. Muuttoliikeaineisto on jaoteltu ikäryhmiin, jotka on mallinnettu 1-vuotiskäryhmiin painottamalla olemassa olevaa väestöä. Tällöin muutto kohdistuu enemmän niihin ikäluokkiin, joita kullakin alueella on enemmän. Esimerkiksi, jos alueella on 0–6-vuotiaista eniten 6-vuotiaita, muuttoliikeaineiston nettomuutosta myös suurin osa kohdistuu kyseiseen ikävuoteen. Maahanmuuttoparametri on muodostettu samoin kuin muuttoliikeparametri, mutta laskennassa on käytetty Tilastokeskuksen kuntakohtaista maahanmuuttotilastoa, joka on jyvitetty alueelle painottaen olemassa olevaa väestöä. SSP1- ja SSP2-skenaarioissa muuttoliike kehittyy perusuran mukaisesti, mutta skenaariossa SSP3 muuttoliike vähenee 50 % vuoteen 2030 asti säilyen siitä eteenpäin vuoden 2030 tasossa (KC ym. 2013). Maahanmuuton ennustamiseen liittyy huomattavia epävarmuuksia. Esimerkiksi ilmastopakolaisuuden lisääntyessä maahanmuutto voi lisääntyä voimakkaasti jopa lyhyellä aikavälillä. Toisaalta SSP3-skenaariossa oletetaan globaalin muuttoliikkeen vähenevän rajavalvonnan tiukentumisesta ja globaalin kaupankäynnin rajoittamisesta johtuen.

### 3.1.3 Talouskasvuskenaariot

Skenaarioissa ei ole otettu huomioon ilmastonmuutoksen vaikutusta talouskasvuun. Haavion (2010) mukaan ilmastonmuutoksen hillintä nostaa energian hintoja. Energian hintojen nousu vaikuttaa energiatehokkuuteen, mikä todennäköisesti nostaa myös rakennuskustannuksia. Energiahintojen mahdollisia vaikutuksia rakennuskantaan, asuntojen kokoon tai rakennuskustannuksiin ei kuitenkaan ole tässä työssä arvioitu.

Laskennassa käytetään vain valtakunnallista ennustetta, osin siksi että alueellisia skenaarioita ei ole yleisesti saatavilla ja niiden epävarmuus on erittäin suuri. Aiempiin tutkijoiden laatimiin valtakunnallisiin ennusteisiin liittyy myös suuria epävarmuuksia, esimerkiksi Carterin ym. (2005) laatimat talouskasvuennusteet ovat olleet ylioptimistisia. Siksi työssä käytetään Valtiovarainministeriön ja Suomen pankin lyhyen ja keskipitkän aikavälin kasvuennusteita, jotka ovat yleisesti saatavilla ja päivittyvät. Pitkän aikavälin ennusteeksi valittiin IIASA:n IPCC:lle laatima ennuste ([IIASA 2018](#)), koska se oli yhdenmukainen SSP-skenaarioiden sekä VM:n ja Suomen pankin lyhyen- ja pitkän aikavälin ennusteiden kanssa.

Talouskasvuun oletetaan vaikuttavan pääoman ja työvoiman muutokset, käytettävissä olevat luonnonvarat, työn tuottavuuden muutos sekä teknisen kehityksen vaikutus tuotantoon. Mallinnuksessa suuri painoarvo on työvoiman muutoksessa ja koulutustason parantumisessa, jonka oletetaan lisäävän tuottavuutta. On huomattava, että väestönkasvun ja väestörakenteen muutoksilla on merkittävä vaikutus talouskasvuun, ja että tässä työssä merkittävien tulvariskialueiden väestönkasvuskenaariot eivät ole olleet IIASA:n talouskasvuskenaarioiden pohjana. IIASA:n talouskasvuennusteet on kalibroitu hyödyntäen OECD:n, kansainvälisen valuuttarahaston (IMF) sekä Maailmanpankin kasvuennusteita.

Suomen taloudellinen katsaus antaa arvion talousnäkyvien kehityksestä. Suomen bruttokansantuotteen (BKT) ennustetaan kasvavan 3 % v. 2018, 1,7 % v. 2019 ja 1,6 % v. 2019 ([Valtiovarainministeriö 2018](#)). Suomen talouden BKT:n ennustetaan kasvavan lyhyellä aikavälillä 2013–2022 1,5 % ja keskipitkällä aikavälillä 2023–2032 1,3 % (Kinnunen ym. 2012). SSP-skenaariot ovat lähellä Suomen pankin ja valtiovarainministeriön laatimia ennusteita keskipitkällä aikavälillä. Skenaariot on esitetty taulukossa 3. Ennusteita käytetään laskettaessa omaisuuden arvon muutoksia.

Taulukko 3. Laskennassa käytetyt bruttokansantuotteen kasvuennusteet (%).

Vuosi / SSP	SSP1	SSP2	SSP3
2020	2,2	2,2	1,1
2050	1,7	1,4	0,6
2100	1,1	1,0	0,2

### 3.2 Ilmastomuutoskenaariot

Ilmastoskenaariot perustuvat IPCC:n 5. arviointiraportissa tehtyihin globaalien ilmastomallien tuloksiin (IPCC). Merivedennoususkenaariot on laadittu Ilmatieteen laitoksella. Meritulvaskenaarioita ei pystytä luotettavasti mallintamaan yhden yksittäisen suureen perusteella. Ilmatieteen laitoksen laatimat merivedennoususkenaariot kuvaavat meriveden keskipinnan nousun lisäksi myös lyhytaikaisista vaihteluista aiheutuvaa meritulvavaaraa, joten niitä voidaan hyödyntää meritulvan muutoksen mallintamisessa.

Vesistötulvavaaraa ja sen muutosta ei voida kuvata tarkasti yksittäisten suureiden avulla, koska vesistötulvien muutokset voivat johtua muutoksista kokonaisvalunnassa, äärivirtaamisissa ja -vedenkorkeuksissa, vuodenaikaisvaihtelussa, maankosteudessa, haihdunnassa ja lumimäärässä. Vesistötulvavaaran muutoksen indikaattorina laskentamenetelmässä on käytetty keskiylivirtaamaa eli päivittäisten virtaamien vuoden maksimiarvoa. Skenaariot on tuotettu Suomen ympäristökeskus SYKEn Vesistömallijärjestelmällä (Vehviläinen ym. 2005) ja sen valuntamallilla, joka kuvaa hydrologista kiertoa sadannasta valunnaksi. Mallin syöttötiedot ovat sadanta ja lämpötila, ja mallinnetut hydrologisen kierron muuttujat ovat lumen kertyminen ja sulaminen, maavesi, haihdunta, pohjavesi, valunta ja virtaama sekä pääjokien ja -järvien vedenkorkeudet.

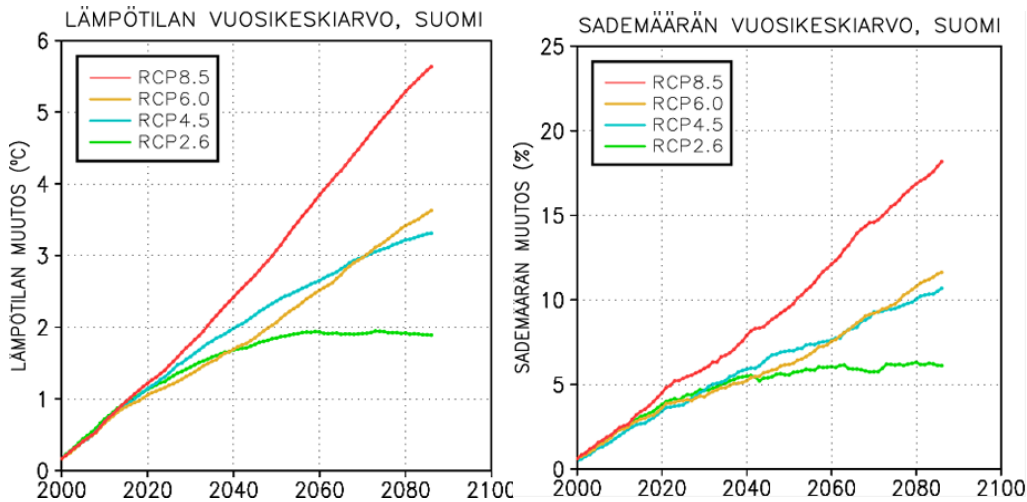
Käytettyjen RCP-skenaarioiden lisäksi ennakoituihin lämpötilan ja sadannan muutoksiin vaikuttaa myös käytetty ilmastomalli, jonka merkitys on suuri etenkin lyhyellä aikavälillä. RCP-skenaarioiden mukaiset keskimääräiset lämpötilan ja sademäärän muutokset Suomessa on laskettu Ilmatieteen laitoksella 16–32 globaalil ilmastomallin tulosten keskiarvoista (Ruosteenoja 2016). Käytettyjen keskiskenaarioiden lisäksi kustakin RCP-skenaariosta on tehty myös neljä ääriskenaariota, joissa on suuret tai pienet lämpötilan muutokset (lämmin/kylmä) sekä suuret tai pienet sademäärän muutokset (märkä/kuiva). Nämä skenaariot on valittu vastaavista 16–32 globaalil mallin tuloksista. Ääriskenaarioiden arviot tulvariskin kehittymisestä voivat paikoin olla hyvinkin paljon vastaavasta keskiskenaariosta poikkeavia. Lyhyellä aikavälillä vuoteen 2035 eri RCP-skenaarioiden väliset erot ovat pieniä ja tällöin voidaan käyttää pelkkää keskitason RCP4.5 -skenaariota (Moss ym. 2010).

#### Lämpötila

Kasvihuonekaasupäästöjen jatkuva maailmanlaajuinen kasvu voi nostaa Suomen keskilämpötiloja ennen vuosisadan loppua jopa noin kuudella asteella. Jos päästöjä saadaan rajoitettua tehokkaasti, lämpeneminen saattaa jäädä noin kahteen asteeseen. Talvet lämpenevät Suomessa enemmän kuin kesät. RCP-skenaariot antavat vuosisadan loppuun mennessä keskilämpötilojen kasvuennusteiksi Suomessa noin 2 astetta (RCP 2.6), 3-4 astetta (RCP 4.5 ja 6.0) tai jopa 6 astetta (RCP8.5) (jaksoon 1981–2010 verrattuna) (kuva 5).

#### Sadanta

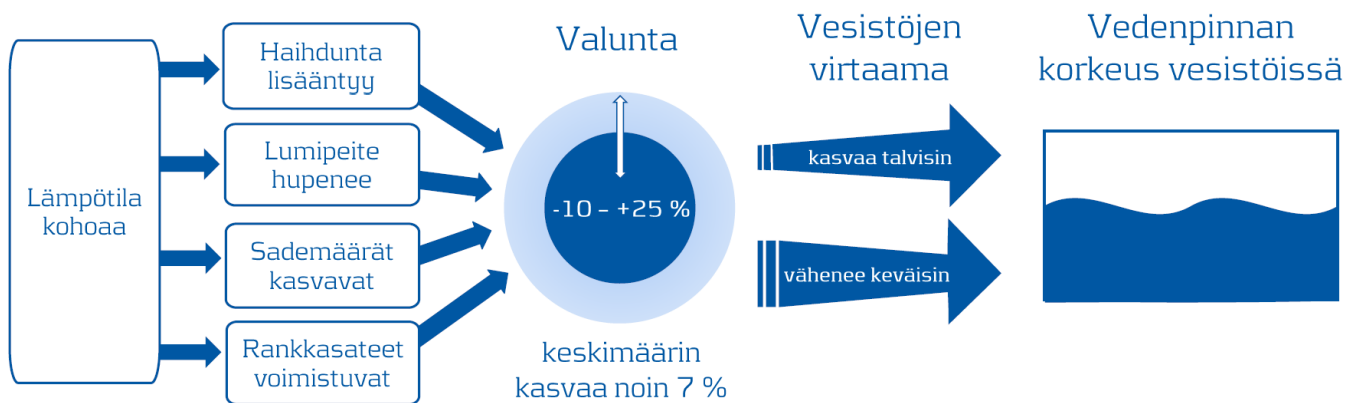
Ilmaston lämmetessä sademäärien arvioidaan Suomessa kasvavan ja rankkasateiden voimistuvan (Ruosteenoja ym. 2016). Noin vuoteen 2020 saakka sademäärät kasvavat lähes yhtä nopeasti kaikkien skenaarioiden mukaan (kuva 5). Suhteellisesti muutos on suurempi talvella kuin kesällä, samoin pohjoisessa se on hieman voimakkaampi kuin etelässä. Kesällä sataa aiempaa rankemmin muttei useammin. Vuosisadan lopun talvina sadetta eri olomuodoissaan tulee noin 5-30 prosenttia nykyistä enemmän, kun taas kesällä muutos on todennäköisesti melko pieni. Tarkemmin sateiden muutoksesta löytyy tietoa [ilmasto-oppaasta](#).



**Kuva 5.** Vuoden keskilämpötilan ja vuotuisen sademäärän muuttuminen Suomessa vuosina 2000–2085 verrattuna jakson 1981–2010 keskiarvoon (Ruosteenoja ym. 2016; ilmasto-opas).

### Virtaama ja valunta

Valuntaa, lumipeitteen kestoja, vesiarvoa, maankosteutta ja haihduntaa on mallinnettu SYKEN Vesistömallijärjestelmällä 20 eri ilmastoskenaariolle. Viisi ilmastoskenaariota kullekin RCP:lle on valittu kuvaamaan keskimääräisiä ja ääripään muutoksia Suomessa verrattuna hydrologiseen vertailujaksoon 1971–2000 kolmella eri aikajaksolla (2010–2039, 2040–2069, 2070–2099). Yksi skenaario keskimääräisillä lämpötilan ja sademäärän muutoksilla sekä neljä ääriskenaariota, joissa on suuret tai pienet lämpötilan muutokset (lämmin/kylmä) sekä suuret tai pienet sademäärän muutokset (märkä/kuiva). Vaikutuksia voidaan tarkastella koko Suomen kattavassa neliökilometrin hilassa. Skenaarioita ja niiden vaikutuksia on kuvattu tarkemmin esim. [ilmasto-oppaassa](#) ja kuvassa 6. Tässä arviointimenetelmässä vesistötulvien muutosta kuvaavana suurena on käytetty keskiylivirtaamaa (MHQ, vuoden suurin virtaama). Eri toistumisajan tulvat voivat muuttua ilmastomuutoksen vaikutuksesta eri tavalla. Yleensä muutoksen suunta on kuitenkin samanlainen eri toistumisaikojen tulvissa, joten muutoksia keskiylivirtaamassa voidaan riittäväällä tarkkuudella käyttää myös harvinaisimpien tulvien osalta (Veijalainen ym. 2012).



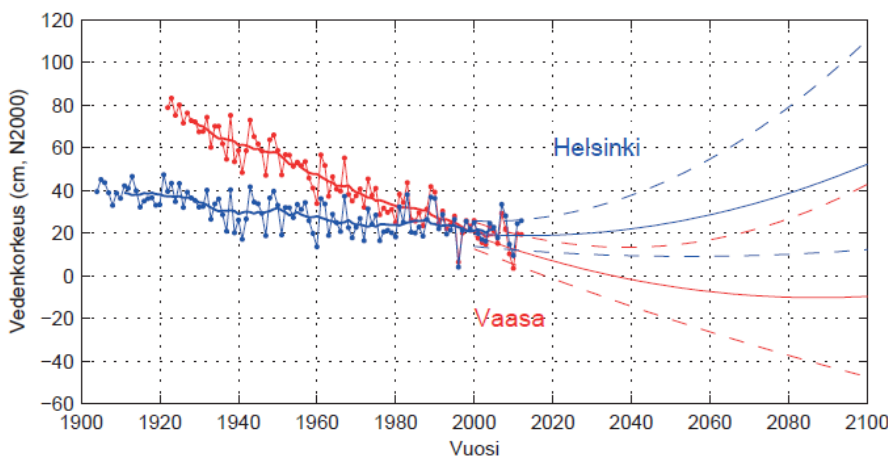
**Kuva 6.** Ilmastomuutoksen yleistetyt vaikutukset vuoteen 2050 mennessä valuntaan, vesistöjen virtaamiin ja vedenpinnan korkeuteen Suomessa. Valunnan määrän muutokset riippuvat muun muassa siitä, miten sademäärä muuttuu eri kasvihuonekaasupäästöskenaarioissa (Ilmasto-opas 2018).

## Merivedenkorkeus

Merivesitulvat ovat vesistötulviin nähden lyhytkestoisia tapahtumia. Itämeren rannikolla vedenkorkeuden nopeat muutokset aiheutuvat ennen kaikkea kovista tuulista ja ilmanpaine-eroista sekä Itämeren vedenpinnan edestakaisesta ominaisheilahtelusta. Sopivan suuntaiset tuulet salmien alueella voivat pitää Itämeren pintaa useita viikkoja valtameren pintaa korkeammalla. Pahan merivesitulvatilanteen edellytys on aina usean tekijän yhteisvaikutus.

Kahma ym. (2014) ovat laskeneet vuoteen 2200 ulottuvia merenpinnan nousuennusteita Suomen rannikolle. Itämerellä nousun arvioidaan jäävän hieman, noin 20 %, maailmanlaajuisen keskiarvon alapuolelle. Lisäksi jääkauden jälkeinen maankohoaminen suojaa Suomen rannikkoa merenpinnan nousulta (Kahma ym. 2014, Johansson 2014). Ottamalla huomioon sekä keskimääräisen merenpinnan tason skenaariot että vedenkorkeuden lyhytaikaisvaihtelut saadaan määritettyä ns. yhdistetyt jakaumat tiettyjä ylittymistäajuuksia (1/20, 1/50, 1/100, 1/250 ja 1/1000) vastaaville vedenkorkeuksille vuosina 2050 ja 2100.

Tässä arvioinnissa on käytetty tulevan meritulvariskin kuvaamisessa harvinaisen, kerran sadassa vuodessa esiintyvän (1/100a) tulvan muutosta. Arvot on laskettu vuosittain 2000–2100 eri mareografeille (esimerkki kuvassa 7). Alueellinen tarkennus on tehty neliökilometrin hila-arvoiksi koko rannikolle. Ylittymistodennäköisyysarviot eivät suoraan perustu tiettyihin ilmastonmuutosskenaarioihin, joten niiden yhdistäminen RCP-skenaarioihin on tehty seuraavalla yksinkertaisella yleistyksellä: minimiskenaario (5 %) vastaa arviota RCP2.6:lle, keskiskenaario vastaa arviota RCP4.5:lle ja maksimiskenaario (95 %) vastaa arviota RCP8.5:lle. Arvio vedenkorkeuden ylittymistäajudelle 1/100a on saatu siirtämällä nykyistä ylittymisjakaumaa ylös/alaspäin keskiveden muutoksen verran. Menetelmä on kuvattu luvussa 4.1.1.



**Kuva 7.** Keskimääräinen meriveden pinnan korkeus Helsingissä ja Vaasassa. Pallot ovat havaittuja vuosikeskiarvoja, yhtenäinen viiva on vuoteen 1999 saakka havainnosta laskettu pitkän ajan keskiarvo ja vuodesta 2000 alkaen arvio tulevasta keskimääräisestä veden pinnan korkeudesta. Katkoviivat kuvaavat arvioiden epävarmuusastetta, joka johtuu erityisesti mannerjäätiköiden sulamisarvioiden epävarmuudesta, ei niinkään kasvihuonekaasujen päästöjen epävarmuudesta. (lähde: Kahma ym. 2014)

Ilmastonmuutoksen taustavoimien vaikutuksia eri skenaarioilla on pyritty arvottamaan taulukossa 4. Taulukossa on esitetty kunkin suureen keskimääräinen valtakunnallinen skenaarioennuste ja/tai prosentuaalinen muutos verrattuna nykyiseen. Alueellisesti tai vuodenajallisesti muutokset voivat olla pienempiä tai huomattavasti suurempiakin. Todellisuudessa tulvavaaran suuruuteen vaikuttavat useat, alueellisista ominaispiirteistä ja varsinkin tulvatyyppistä tai sen syntytavasta, riippuvat tekijät. Alla esitetyt arvot kuvaavat kuitenkin karkeasti arvioituja muutoksia. Varsinaisessa laskennassa on käytetty alueellisesti tarkennettuja tietoja. Mallin yksinkertaistamiseksi tulvavaaran muutosta on tässä menetelmässä kuvattu vesistöjen osalta keskiylivirtaaman ja rannikon osalta merivedenkorkeuden avulla. Jatkossa mallia voidaan mahdollisesti laajentaa ottamaan huomioon hulevesitulvariskit, jolloin hulevesitulvavaaran muutosta voidaan kuvata sadannan muutosten avulla.

**Taulukko 4.** Yhteenveto ilmastonmuutoksesta johtuvien tulvariskin taustavoimien vaikutuksesta eri skenaarioilla ja ajanjaksoilla. Taulukossa on valittujen kolmen eri tulvatyyppiä kuvaavaan suureen (sadanta, keskiylivirtaama, 1/100a merivesitulva) lisäksi esitetty harmaalla tekstillä muutama muu ilmastonmuutoksen vaikutuksia tulvaan kuvaava suure. Taulukossa on esitetty suhteelliset muutokset nykyhetken ja absoluuttiset muutokset valtakunnallisina keskiarvoina.

Taustavoima	RCP 2.6			RCP 4.5			RCP 8.5		
	2010–39	2040–69	2070–99	2010–39	2040–69	2070–99	2010–39	2040–69	2070–99
Keskiylivirtaama (vuotuinen tulva) <sup>1)</sup>	-9 % (-6m <sup>3</sup> /s)	-9 % (-7m <sup>3</sup> /s)	-3 % (-2m <sup>3</sup> /s)	-9 % (-6m <sup>3</sup> /s)	-7 % (-5m <sup>3</sup> /s)	-8 % (6m <sup>3</sup> /s)	-80 % (-59m <sup>3</sup> /s)	-80 % (-59m <sup>3</sup> /s)	-80 % (-60m <sup>3</sup> /s)
1/100a merivesitulva <sup>2)</sup>	-5 %	-12 %	-19 %	-3 %	-5 %	-2 %	-1 %	+5 %	+18 %
Lämpötila <sup>3)</sup>	27 % (1,6C)	32 % (1,9C)	32 % (1,9C)	31 % (1,8C)	42 % (2,5C)	56 % (3,3C)	36 % (2,1C)	59 % (3,5C)	95 % (5,6C)
Sadanta <sup>3)</sup>	5 %	6 %	6 %	5 %	7 %	11 %	7 %	11 %	18 %
Suurin valunta <sup>4)</sup>	-24 %	-22,9 %	-18,1 %	-22,1 %	-21,5 %	-26,4 %	-32,7 %	-35,0 %	-38,6 %
Vuosivalunta <sup>4)</sup>	-0,2 %	-1,4 %	+5,4 %	-5,5 %	-0,7 %	+2,5 %	+2,1 %	+8,4 %	+11,4 %
Keskimerivedenkorkeuden muutos <sup>4)</sup>	-22 mm	-155 mm	-276 mm	+87 mm	+57 mm	+97 mm	+208 mm	+309 mm	+557 mm

- 1) lähde: Jakkila ja Veijalainen 2016. laskettu koko Suomen alueelta keskiarvona 10\*10km ruuduista, laskennassa käytetty tarkempaa 1\*1km ruutujakoa (jolloin esim. maksimiarvot arvot ovat selvästi suurempia). Vertailujakson 1971-2000 arvo 75 m<sup>3</sup>/s
- 2) lähde: Kahma ym. 2014; Pellikka 2017. Kaikkien mareografiasemien muutoskeskiarvot (N2000). Vertailuvuosi 2011.
- 3) lähde: Ruosteenoja ym. 2016 (jakson 2010–2039 sijaan käytetty jaksoa 2020–49) (vertailujaksona 1981-2010). Lämpötilan %-arvot havainnollistettu esimerkkinä Helsingin havaintoaseman suhteen
- 4) lähde: ilmasto-opas (vertailujaksona 1971–2000)

### 3.3 Yhdistetyt skenaariot

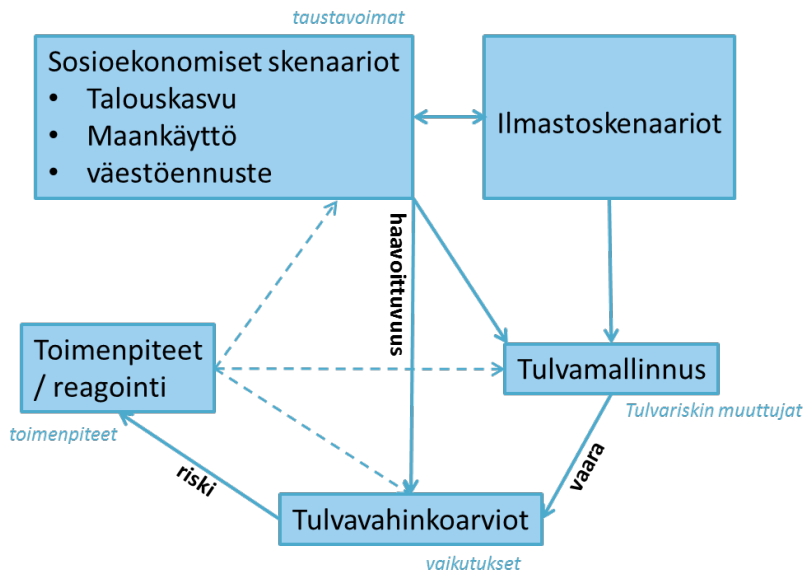
Sosio-ekonomiset ja ilmastonmuutoksen skenaariot eroavat toisistaan jonkin verran mm. käytettyjen ajanjaksojen ja tehtyjen oletusten osalta. Erilaiset skenaariot voidaan esittää yhdessä ns. skenaariomatriisissa, jolla voidaan kuvata niiden riippuvuuksia toisistaan. Kaikkien näin muodostuvien skenaarioyhdistelmien tarkasteleminen ei ole tarpeellista, vaan tärkeää on tunnistaa todennäköisimmän kehityspolun lisäksi ne skenaariot jotka poikkeavat keskiarvoskenaariosta eniten. Näin voidaan ottaa huomioon arvioiden vaihteluväli, epävarmuudet ja epätodennäköisemmät mutta mahdollisesti hyvinkin haitalliset kehityskulut. Edellisessä luvussa kuvattujen skenaarioiden perusteella muodostetut ja tähän tutkimukseen valitut yhteisskenaariot ovat esitetty taulukossa 5.

**Taulukko 5.** Sosio-ekonomiset sekä ilmastonmuutoksen skenaariot yhdistävä matriisi ja tutkimukseen valitut yhteisskenaariot.

Skenaariot	SSP1	SSP2	SSP3
RCP 2.6	<p><b>”Kova tavoite”</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>päästöt laskuun 2020 jälkeen</li> <li>valtioiden ja talouksien tasa-arvo</li> <li>sademäärä kasvaa 2100 n. 5 %</li> <li>kuolleisuus vähenee 20-25 %</li> </ul>	<p><b>”Päästövähennykset ensin”</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>päästöt laskuun 2020 jälkeen</li> <li>nykyinen sosioekonominen kehitys</li> <li>sademäärä kasvaa 2100 n. 5 %</li> <li>ennakoitu väestönkehitys</li> </ul>	
	RCP 4.5	<p><b>”Globaali kehitys”</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>päästöt laskuun 2040</li> <li>valtioiden ja talouksien tasa-arvo</li> <li>sademäärä kasvaa 2100 10-15 %</li> <li>kuolleisuus vähenee 20-25 %</li> </ul>	<p><b>”Keskitie”</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>päästöt laskuun 2040</li> <li>nykyinen sosioekonominen kehitys</li> <li>sademäärä kasvaa 2100 10-15 %</li> <li>ennakoitu väestönkehitys</li> </ul>
RCP 8.5			<p><b>”Ilmastokatastrofi”</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>jatkuva päästöjen kasvu</li> <li>suuret haasteet sopeutumisessa</li> <li>pieni talouskasvu</li> <li>sademäärä kasvaa 2100 20-25 %</li> <li>hedelmällisyys vähenee 20-25 %, kuolleisuus kasvaa 20-25 %, muuttoliike vähenee 50 %</li> </ul>



Taulukossa 5 kuvatuille kuudelle skenaariolle on muodostettu laskennan lähtöarvot eri taustaskenaarioiden perusteella eri ajanjaksoille. Skenaariomatriisin tarkoituksena on muodostaa rajattu ja ymmärrettävä erilaisten kehityskulkujen kokonaisuus, jossa kunkin kehityspolun keskeiset taustavoimat, muuttujat ja vaikutukset ovat läpinäkyvät ja yhdisteltävissä keskenään. Skenaariomatriisi muodostaa kuitenkin vain yksinkertaistetun kuvan monin tavoin hankalasti ennakoitavasta monimutkaisesta prosessista, mutta se tarjoaa riittävästi vaihtoehtoja erilaisten kehityskulkujen tunnistamiseen ja niihin reagoimiseen. Myöhemmissä tarkasteluissa voidaan tarkastella erikseen miten kehityskulut muuttuvat jos niihin reagoidaan toimenpitein eri vaiheissa (kuva 8).



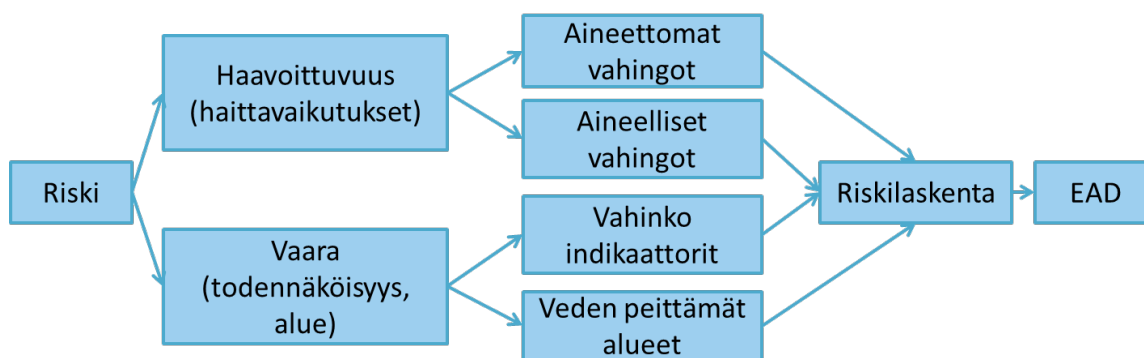
**Kuva 8.** Skenaarioiden käyttö osana tulvavahinkojen arviointia. Arviointia voidaan yksinkertaistaa hyödyntämällä erillisten skenaarioiden sijaan skenaariomatriisia sekä jättämällä reagointi (toimenpiteet) muuttuvaan tulvariskin tarkastelun ulkopuolelle. Kuvassa on esitetty myös sinisellä kursivoidulla tekstillä arviointikehikon taustavoimat ja niihin reagointi (kuva 3).

Skenaariomatriisia voidaan hyödyntää tulvariskien muutoksen alueellisessa tarkastelussa, koska sen avulla voidaan määrittellä kunkin tulevaisuuden tulvariskin osatekijän lähtötiedot ja niiden mahdollinen riippuvuus alueen ominaispiirteistä.

## 4. Tulevaisuuden tulvariskien laskentamenetelmä

Vuosivahingon odotusarvon (EAD) eli tulvariskin laskenta on esitetty kuvassa 9. Tulvavaaran muutosta kuvaa vesistötulvien osalta keskiylivirtaaman muutos ja meriveden osalta keskimääräisen merivedenkorkeuden muutos. Harvinaisempien tulvatilanteiden on oletettu muuttuvan samassa suhteessa. Tulvavaara-alueen laajuuden - tietyllä vedenkorkeudella - ei oleteta muuttuvan ilmastonmuutoksen vaikutuksesta eli tulvan leviämisaalue pysyy samansuuruisena vaikka tulvien toistuvuudet muuttuisivatkin ilmastonmuutosskenaarioiden perusteella.

Haavoittuvuutta eli tulevaisuuden tulvavahinkoja kuvaavat väestö ja taloudelliset vahingot. Ne on laskettu valituille kuudelle skenaarioyhdistelmälle ja kymmenelle eri ajanhetkelle. Taloudelliset vahingot lasketaan suorien euromääräisten vahinkojen perusteella ja niiden muutokseen vaikuttaa talous- ja väestömuutos. Tulvariskialueiden asukasmäärän on oletettu kasvavan tai vähenevän samassa suhteessa koko riskialueella, eikä rakennuskannan ja siten asukasmäärän mahdollista keskittymistä uusille tai nykyisille alueille ole toistaiseksi otettu huomioon mallissa. Tämä tarkoittaa sitä, että nykyisin tulvavaarassa olevien asukkaiden määrä tulevaisuudessa laskee tai kasvaa samassa suhteessa kuin koko riskialueen asukasmäärä. Tulokset kuvaavat siten enemmänkin koko alueen riskipotentiaalia kuin yksittäisten kohteiden tai asukkaiden tulvariskin muutosta. Toisaalta malli kuvaa tulevaisuuden tilannetta jossa tulvariskien hallintatoimet kuten maankäytön suunnittelu jatkuvat nykyisten ja toteutettujen käytäntöjen mukaisina. Mallin tuloksia voidaan siten pitää perusuran mukaisina ja niihin voidaan tulevaisuudessa tarvittaessa reagoida käytäntöjä muuttamalla.



Kuva 9. Tulvariskin laskentamenetelmän periaate.

### 4.1 Tulvariskin laskentamenetelmän kuvaus

Haavoittuvuuden vuosittainen odotusarvo (EAD), vuosivahingon odotusarvo lasketaan kaavalla 1:

$$EAD = \int_0^{\infty} D(h)f(h)dh \quad (1)$$

, jossa  $D(h)$  on haavoittuvuuden funktio. Funktiossa  $h$  on vedenkorkeus, mutta se voi olla myös muu haavoittuvuutta kuvaava arvo. Haavoittuvuutta vastaa todennäköisyys  $f(h)dh$  (vaara), jossa  $f(h)$  on todennäköisyystiheysfunktio (PDF). Edelleen numeerista integrointia hyödyntäen saadaan

$$EAD = \left[ \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (P_{i+1} - P_i)(V_{i+1} + V_i) \right] + (P_1 * D_1) \quad (2)$$

, jossa  $P_1$  on harvimmin toistuvan tulvan toistuvuusajaksi ja  $P_n$  useimmin toistuvan ja  $D_i$  on taloudelliset vahingot tai asukkaiden määrä vastaavalla toistuvuusajalla. Kaavalla voidaan laskea erikseen esimerkiksi taloudellisen vuosivahingon odotusarvo sekä haavoittuvien asukkaiden odotusarvo.

Aineelliset vahingot omaisuudelle tietyllä vesisyvyydellä  $D(h)$  lasketaan käyttäen menetelmää, joka on kuvattu julkaisussa Silander ja Parjanne (2013). Arviot on laadittu käyttäen olemassa olevia paikkatietoaineistoja, eri toistuvuuksille laadittuja tulvavaarakarttoja sekä tietoja kohteiden arvosta ja haavoittuvuudesta eri vesisyvyyksillä (ns. vahinkofunktiot). Taloudellinen vahinkoarvio pitää sisällään merkittävimmät suorat vahingot: rakennusvahingot (myös irtaimisto ja puhdistus), liikenne (myös ajoneuvot) ja pelastuspalvelun kustannukset. Merkittävät tulvariski-alueet ovat pääasiassa taajama-alueita, joten maatalouden vahingot on ainakin toistaiseksi jätetty ottamatta huomioon. Epäsuoria välillisiä vahinkoja ei pystytä valtakunnallisella paikkatietopohjaisella menetelmällä arvioimaan riittävän luotettavasti, joten niitä ei taloudellisissa vahinkoarvioissa ole huomioitu eikä niille ole tässä kehitetty yhtenäistä laskentamenetelmää. Todelliset vahingot voisivat tulvan tapahtuessa olla siten huomattavasti arvioissa käytettyjä suurempia. Toisaalta tulevaisuuden tulvariskin arvioinnissa kiinnostavinta on tietää riskin muutos ja suunta suhteessa nykyiseen, ja sitä kehitetyllä menetelmällä voidaan arvioida, vaikka kaikki vahinkotyyppit eivät sisällykään mallinnettuihin vahinkoihin.

Taloudelliset tulvavahinkoarviot ympäristöhallinnon käyttöön on tuotettu keskitetysti SYKEssä. Arviot on julkaistu alueellisissa tulvariskien hallintasuunnitelmissa. Niitä päivitetään tarvittaessa esimerkiksi muuttuneilla tulvakarttojen, RHR:n tai kustannusindeksin tiedoilla. Yhteenveto arvioista on esitetty luvun 5.1 taulukossa 8. Tulvakartat ovat avoimesti saatavilla [www.ymparisto.fi/tulvakartat](http://www.ymparisto.fi/tulvakartat) sekä SYKEN [Avoimien tietojen palvelusta](#). Tulvavaara- ja tulvariskikartoitusprosessi on kuvattu julkaisuissa (Alho ym. 2008 ja Sane ym. 2006).

Tulvavahingot tehdään vertailukelpoisiksi keskenään normalisoimalla vahingot haluttuun vuoteen. Normalisointi tehdään yleisesti käytetyllä kaavalla (Neumayer ja Barthel 2011), joka ottaa huomioon yhteiskunnan muutokset. Pielke ym. (2008) ovat, aiemmissa tutkimuksissa, todenneet valittujen muuttujien tärkeyden ja vaikutuksen vahinkojen kasvuun yhteiskunnan kehittyessä. Menetelmää on myös kritisoitu (Neumayer ja Barthel 2011). Kaava voidaan esittää muodossa:

$$D_{t1} = D_{t0} * B_i * V_i * H_i \quad (3)$$

, jossa  $D_{t0}$  on vahingot hetkellä  $t_0$  ja  $D_{t1}$  ajanhetkellä  $t_1$ ,  $B_i$  on BKT-deflaattorin muutos,  $V_i$  on väestönkasvun ja  $H_i$  varallisuuden muutos per henkilö. BKT-deflaattori mittaa kotimaassa tuotettujen tavaroiden ja palvelusten hintatason kehitystä (nimellinen BKT/Reaalinen BKT). Alaindeksi  $i$  kertoo, että kyseessä on tarkasteltavan tulvariski-alueen ennuste, jos sellaista ei ole saatavilla käytetään yleisiä ennusteita. On huomattava että  $B_i$ :n laskennassa on käytetty Suomen BKT:n kasvuennustetta ja  $V_i$ :nä alueen väestönkasvuennustetta. Kaavalla lasketut tulevaisuuden vahingot muutetaan edelleen vertailuvuoteen, joten eri vuosien tulokset ovat suoraan vertailukelpoisia.

#### 4.1.1 Tulvavaaran todennäköisyyksien laskenta

Riskien laskemiseksi riittävän luotettavasti hankkeessa oli tarpeen laskea uudet tulevaisuuden todennäköisyysjakaumat kaikille alueille. Virtaamien osalta käytetään Gumbel -todennäköisyysjakautumaa kaikille sisämaan vesistöille. Meritulvien todennäköisyyttä on arvioitu jäljempänä kuvatuilla ylittymistodennäköisyyksillä. Vesistö-meritulvien yhteistodennäköisyyksiä ei ole laskettu, osin koska aiemmissa tutkimuksissa näiden välinen korrelaation on ollut heikko, vaan ne on oletettu toisistaan riippumattomiksi. Alueilta joilta on sekä virtaamaskenaarioita (maa-alueet yleistettynä 1km hilassa) että meritulvaskenaarioita (meritulvakartoitettu alue), on laskettu molempien vuosisvahinkojen odotusarvot erikseen ja ne on laskettu yhteen, joten vahinkoarviot muodostuvat laskennassa jonkin verran todellista suuremmaksi. Vesistötulvien osalta yleinen tiheysfunktio on muotoa:

$$f(x) = \frac{1}{\beta} e^{(z-\mu)/\beta} e^{-e^{(z-\mu)/\beta}} \quad (4)$$

, jossa  $\mu$  on sijaintiparametri ja  $\beta$  muotoparametri. Gumbel -jakauma alueellistettiin valitsemalla viisi edustavaa virtaamapistettä läheltä merkittäviä tulvariskialueita. Edustaviksi pisteiksi valittiin [Karkkimäla](#) (Laihianjoki), [Tampparinkoski](#) (Lapuanjoki), [Skatila](#) (Kyrönjoki), [Harjavalta](#) (Kokemäenjoki) ja [Valajaskoski](#) (Kemijoki). Aineistoon sovitettiin oheinen polynomifunktio:

$$\beta(\mu) = 0,00006 * \mu^2 + 0,1973 * \mu \quad (R^2 = 0,999) \quad (5)$$

, jota hyödyntäen virtaamaskenaariot alueellistettiin valittuun rasterikokoon.

Vahingot on laskettu merkittävälle tulvariskialueille ja eri tulvan toistuvuuksille (todennäköisyyksille), yleensä keskimäärin kerran 1000, 250, 100 ja 50 ja 20 vuodessa toistuville tulville. Tulvakartoitetun yleisimmän todennäköisyyden 1/2a (tilastollisesti kerran kahdessa vuodessa) vahinkoja ei laskettu, koska oletusarvoisesti vesistö- tai meritulvista ei pitäisi aiheutua vahinkoa näin yleisillä tulvilla. Laskennan vertailuvuosi on 2015.

Meritulvariskin arvioinnissa on käytetty harvinaisen 1/100a tulvan muutosta eri mareografeilla vuosittain 2000-2100 tehdyn tarkastelun perusteella. Alueellinen tarkennus on tehty neliökilometrin hila-arvoiksi mareografin välisille alueille samalla menetelmällä kuin vahinkoarvioiden perusteena olevassa meritulvakartassa. Ylittymistodennäköisyysarviot eivät suoraan perustu tiettyihin ilmastomuutosskenaarioihin, joten niiden vertailtavuus RCP-skenaarioihin on tehty seuraavalla yksinkertaisella yleistyksellä: minimiskenaario (5 %) vastaa arviota RCP2.6:lle, keskiskenaario vastaa arviota RCP4.5:lle ja maksimiskenaario (95 %) vastaa arviota RCP8.5:lle. Arvio vedenkorkeuden ylittymistajuuden 1/100a muutokselle on saatu sovittamalla eksponentiaalinen jakauma mareografikohtaisesti ja siirtämällä nykyistä ylittymisjakaumaa ylös/alaspäin keskiveden muutoksen verran. Muutosennuste perustuu keskivedenkorkeuden muutokseen, lyhytaikaisvaihtelun ei oletettu muuttuvan nykyisestä. Laskennallinen vertailuvuosi on 2015, mutta merivedenkorkeusarvioiden perusvuosi on 2011. Kaikki merivedenkorkeudet on esitetty korkeusjärjestelmässä N2000 ja maankohoaminen on otettu huomioon

#### 4.1.2 Laskennan tekninen toteutus ja käytetyt aineistot

Tässä luvussa kuvataan lyhyesti tekninen paikkatietopohjainen analyysi eli miten lähtötiedot on laskettu alueelliseksi arvioiksi (virtaamat, vedenkorkeudet, väestömuutos, nykytilanteen vahingot). Esimerkiksi merkittävien alueiden tai tulvakarttojen rajaukset eivät noudata hallinnollisia tai luonnollisia rajoja, joten tulvariskiä arvioitaessa on täytynyt tehdä omia analyysejä. Esimerkiksi kuntien väestömuutosskenaarioita ei ole voitu sellaisenaan hyödyntää. Samoin vesistöille tai merenrannikolle tehtyjä ilmastomuutosskenaarioita ei ole voitu optimaalisesti hyödyntää suppeampien merkittävien alueiden tulevaisuuden tulvaskenaarioiden arvioinnissa. Laskennassa käytetyt lähtötiedot on esitetty taulukossa 6.

**Taulukko 6.** Laskennassa käytetyt lähtötiedot, niiden laajuus sekä viite.

Aineisto	Lähtöaineisto	Viite	Kommentti
<b>Virtaamat</b>	Aikasarjat pisteestä	<a href="#">Hydrologiset havaintopaikat (2017)</a>	Alueellistettu laskennallisesti
<b>Ilmastomuutos – virtaama</b>	1 000 x 1 000 m rasteri	<a href="#">ELASTINEN -hanke 2016</a>	Yhteensopiva YKR-ruutujen kanssa
<b>Ilmastomuutos - merivesi</b>	1 000 x 1 000 m rasteri	<a href="#">Kahma ym 2014</a>	Yhteensopiva YKR-ruutujen kanssa
<b>Väestömuutos</b>	Merkittävä tulvariskialue	<a href="#">KASSU 2017</a>	Työkalu kehitysvaiheessa
<b>Taloukasvu</b>	Valtakunnallinen	<a href="#">IIASA 2016</a>	
<b>Taloudelliset vahinkoarviot</b>	Merkittävä tulvariskialue	<a href="#">Silander ja Parjanne 2013, ympäristöhallinnon tulvatietojärjestelmä</a>	
<b>Rakennukset</b>	Piste	RHR 2016	
<b>Tulvan peittävä alue ja vesisyvyys</b>	Merkittävä tulvariskialue	<a href="#">Tulvavaaravyöhykkeet 2016</a>	
<b>Asukasmäärä</b>	250 x 250 m ruutu	<a href="#">Tulvariskiruudut 2016</a>	Yhteensopiva YKR-ruutujen kanssa

Käyttämällä kahden eri hilakoon yhteensopivia aineistoja sekä merkittävien tulvariskialueiden rajauksia on paikkatietojen päällekkäisanalyyseissä voitu valita laskentojen pohjaksi ne 250 x 250 m ruudut, jotka ovat osittain tai kokonaan merkittävien tulvariskialueiden sisällä. Näin lasketut ruudut sisältävät tulevaisuuden tulvariskialueiden laskennan kannalta kaiken olennaisen spatiaalisen tiedon.

Nykytilanteen asukasmäärät on esitetty tulvakartoissa ns. asukasruutuina (250 x 250 m). Tarkat rakennuskohdaiset asukasmäärät ovat RHR:ssä, mutta yksityisyyden suojan vuoksi kartoilla esitetään vain ruudun asukkaiden yhteismäärä. Tulevaisuuden asukasmääräarviot lasketaan nykyisten tulvakarttojen tulvan peittämien asukasruutujen avulla kertomalla nykytilanteen asukasmäärä ruudussa koko alueen suhteellisella väestömuutoksella (nykytila – tarkasteluvuosi). Tästä oletuksesta johtuen tulvavaarassa oleva väestö sijoittuu arvioissa samoille alueille kuin nykyäänkin.

Koko Suomesta tuotettiin vuonna 2017 yleinen haavoittuvuuspotentiaalikartta (BEAM, Basic European Asset Map), joka mahdollistaa valtakunnan tason karkean haavoittuvuusanalyysin riippumatta vaaran aiheuttamasta ilmiöstä. Polygonin muotoisesta aineistosta tehtiin ruutuaineisto samalla YKR-ruutujaolla muiden laskennassa käytettyjen aineistojen kanssa. Näin saatiin laskennallinen arvo (€/m<sup>2</sup>) koko Suomesta 250 x 250 m ruuduissa. Aineistoa ei kuitenkaan hyödynnetty merkittävien tulvariskialueiden vahinkoarvioiden laskennassa, koska pistemäinen RHR-aineisto ja sen pohjalta tehdyt taloudelliset vahinkofunktiopohjaiset arviot todettiin tarkemmiksi. Molemmilla menetelmillä lasketut arviot ovat kokonaisuutena tarkasteltaessa samaa suuruusluokkaa, mutta ruutukohtaiset erot voivat olla merkittäviäkin. BEAM-pohjaista aineistoa voidaan kuitenkin käyttää, mikäli jatkossa menetelmällä lasketaan arvioita alueille, joilta vesisyvyystietoa vahinkofunktioita varten ei ole saatavilla.

## Osa B: Tulvariskiarviot



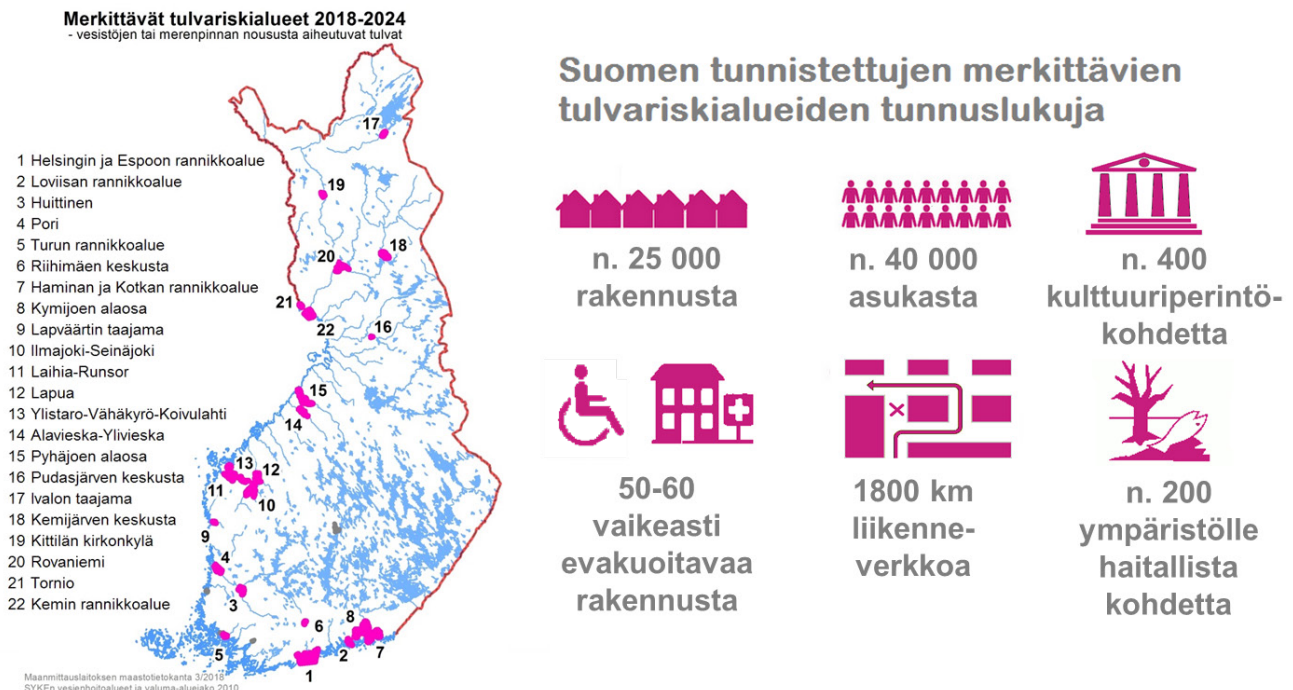
Kuva: Unto Tapio

## 5. Tulvariski nyt ja tulevaisuudessa

Tulvariski sekä siihen vaikuttavat tekijät on arvioitu merkittävillä tulvariskialueilla vuoteen 2100 asti. Arvioinnissa keskityttiin riskitekijöistä ilmastonmuutokseen, maankäyttöön, väestömuutokseen ja talouteen. Tässä B-osassa on esitetty tulokset epävarmuustarkasteluineen; ensin tulvariski nykyään, sitten tulevaisuuden tulvariskiarviot sekä lopuksi epävarmuustarkastelut ja yhteenveto.

### 5.1 Tulvariski nykyään

Suomeen on nimetty 22 merkittävää tulvariskialuetta vuosiksi 2018–2024, joista 17 sijaitsee sisämaassa vesistöjen varrella ja viisi rannikolla. Aikaisemmin vuonna 2011 nimetyistä alueista jäivät pois Salo ja Jyväskylä, joissa tulvariskien hallinnan toimenpiteet tai tarkentavat arviot ovat vähentäneet tulvariskiä. Myös Turun, Raision, Naantalina ja Rauman yhdistetystä rannikkoalueesta jäi merkittäväksi ainoastaan Turku. Uusia merkittäviä alueita 2018–2024 ovat Kemin rannikkoalue, Pyhäjoen alaosa sekä Lapväärtin taajama. Myös uusille merkittävillä alueilla on jo laadittu tulvavaara- ja tulvariskikartat sekä tehty väestöennusteet. Tulvakarttojen sekä muiden paikkatietoaineistojen sekä aineistoille tehtyjen tarkistusten perusteella paikkatietoanalyysin tuloksena saadaan varsin hyvä kuva alueiden tulvariskeistä nykytilanteesta. Alla kuvassa 10 on esitetty merkittävät tulvariskialueet ja keskeiset tulvariskien tunnusluvut erittäin harvinaisella, kerran tuhannessa vuodessa esiintyvällä tulvalla (1/1000a). Taulukoissa 7 ja 8 on esitetty alueiden asukasmäärät ja suorat euromääräiset vahinkoarviot. Kokonaisuasukasmäärä merkittävillä tulvariskialueilla on pysynyt suunnilleen samalla tasolla tulvakarttojen valmistumisesta (2013) lähtien. Asukasmäärätilastoja päivitetään vuosittain ja uusin julkaisu on löydettävissä sivulta [www.ymparisto.fi/tulvaindikaattorit](http://www.ymparisto.fi/tulvaindikaattorit).



**Kuva 10.** Merkittävät tulvariskialueet 2018-2024 sekä yhteenveto tulvariskeistä erittäin harvinaisella tulvalla (1/1000a, vuotuinen todennäköisyys 0,1% mukaan lukien tulvasuojeltu alue) (lähde: tulvatietojärjestelmä ja tulvariskikartat).

**Taulukko 7.** Merkittävien tulvariskialueiden asukasmäärät tietyn toistuvuuden tulvatilanteessa. Lähde: ympäristöhallinnon tulvatietojärjestelmä, tulvakarttapalvelu ([www.ymparisto.fi/tulvakartat](http://www.ymparisto.fi/tulvakartat)) sekä paikkatietoaineistot tulvariskialueet ja tulvavaaravyöhykkeet ([syke.fi/avointieto](http://syke.fi/avointieto)). Asukastiedot vuodelta 2016 ja tulvakartat 2017.

Merkittävä alue	Tulvan toistuvuus			
	1/100 (1%)		1/250 (0,4%)	
	Tulvan peittämä alue	Tulvasuojeltu alue	Tulvan peittämä alue	Tulvasuojeltu alue
Alavieska-Ylivieska	184	201	483	
Haminan ja Kotkan rannikko-alue	470		816	
Helsingin ja Espoon rannikko-alue	607	147	1 399	253
Huittinen	90		121	
Ilmajoki-Seinäjoki	263	9	458	
Ivalon taajama	84	1 455	2 084	8
Kemijärven keskusta	0	174	253	10
Kemin rannikkoalue	55		213	
Kittilän kirkonkylä	407		579	
Kymijoen alaosa	27		133	
Laihia-Runsor	40		74	
Lapua	239		437	
Lapväärtin taajama	57		157	
Loviisan rannikkoalue	87		156	
Pori	1104	4618	2307	6588
Pudasjärven keskusta	13	83	107	53
Pyhäjoen alaosa	140	425	178	453
Riihimäen keskusta	60		355	
Rovaniemi	1167		2660	
Tornio	62		146	
Turun rannikkoalue	12		13	
Ylistaro-Vähäkyrö-Koivulahti	113		210	
<b>Kaikki alueet yhteensä</b>	<b>5 281</b>	<b>7 112</b>	<b>13 339</b>	<b>7 365</b>



**Taulukko 8.** Merkittävien alueiden suorat euromääräiset vahinkoarvot (milj.€) (kokonaisrakennusvahingot, liikenne, pelastus-  
toimi ja autot). Lähde: ympäristöhallinnon tulvatietojärjestelmä, Silander ja Parjanne (2013) sekä paikkatietoaineistot tulvariski-  
alueet ja tulvavaaravyöhykkeet (syke.fi/avoointieto). Rakennustiedot ovat vuodelta 2016 ja tulvakartat 2017. Kaikilta alueilta ei ole  
kartoitettu yleisimpien tulvien skenaarioita. Niillä alueilla puuttuvat skenaariot on otettu huomioon vuosivahingon odotusarvon  
laskennassa.

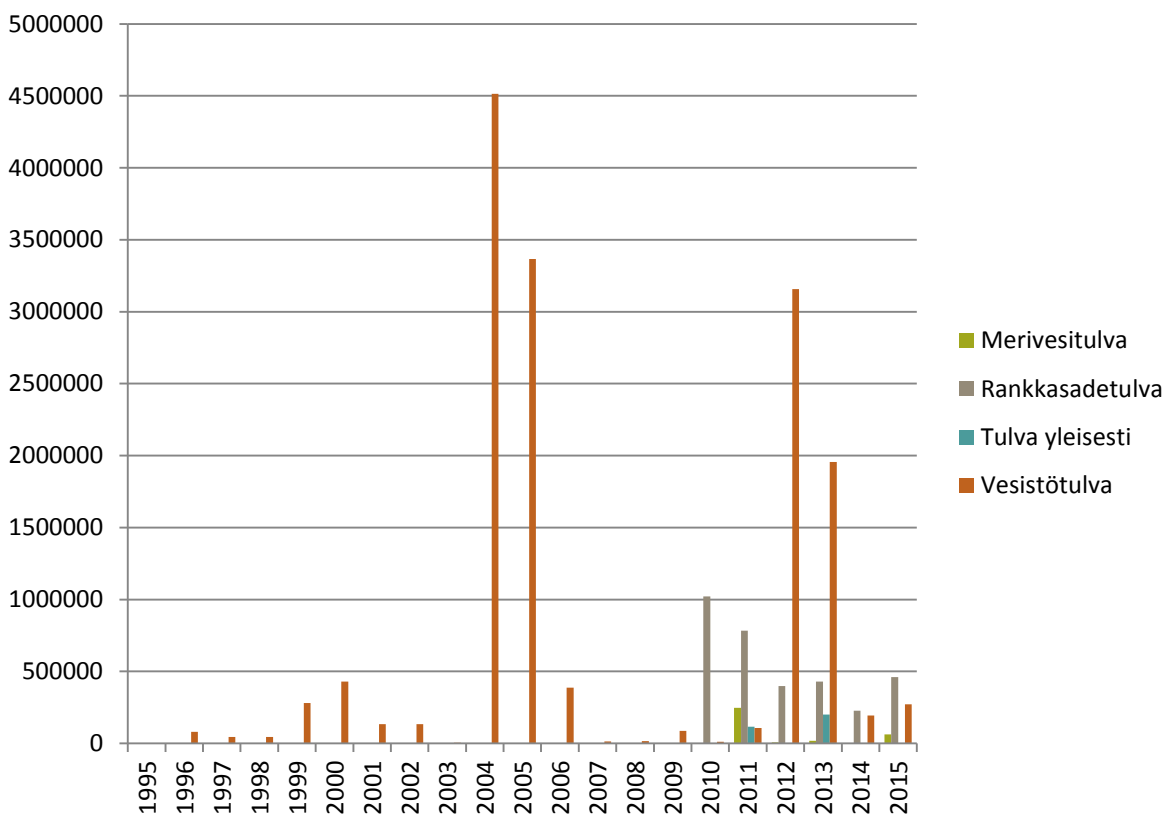
Merkittävä alue	Vuosivahingon odotusarvo (milj. €)	Toistuvuus ja vahinkoarvio (milj.€)							
		1/2a (50%)	1/5a (20%)	1/10a (10%)	1/20a (5%)	1/50a (2%)	1/100a (1%)	1/250a (0,4%)	1/1000a (0,1%)
Alavieska-Ylivieska	<b>0,64</b>				1,6	2,5	7,4	20,9	31,8
Haminan ja Kotkan rannikkoalue	<b>5,71</b>	5,0	10,4	16,1	24,4	47,2	74,5	121,6	254,1
Helsingin ja Espoon rannikkoalue	<b>2,33</b>	3,9	8,2	10,1	16,5	21,9	28,0	43,7	85,9
Huittinen	<b>0,80</b>	0,2	0,9	2,3	3,7	8,1	11,6	19,3	30,3
Ilmajoki-Seinäjoki	<b>1,13</b>	0,0	0,2	0,2	0,2	9,0	16,2	33,7	53,8
Ivalon taajama	<b>2,54</b>				1,6	2,6	5,1	99,4	156,0
Kemijärven keskusta	<b>0,43</b>				0,0	0,1	0,5	14,9	30,0
Kemin rannikkoalue	<b>1,12</b>	0,2	0,3	0,7	3,1	7,1	10,4	27,0	65,0
Kittilän kirkonkylä	<b>0,94</b>				3,0	8,6	14,2	25,0	42,3
Kymijoen alaosa	<b>0,68</b>	0,0	0,0	0,0	5,7	6,5	10,7	16,0	27,3
Laihia-Runsor	<b>0,16</b>	0,3	0,6	1,2	1,2	1,8	2,1	2,9	4,3
Lapua	<b>0,97</b>				0,1	7,8	13,2	26,4	50,2
Lapväärtin taajama	<b>0,26</b>			0,1	0,1	1,1	2,8	6,3	16,0
Loviisan rannikkoalue	<b>0,72</b>	1,2	1,8	2,5	5,0	6,9	9,2	13,5	28,1
Pori	<b>2,10</b>	0,9	2,1	5,0	9,9	16,5	24,5	52,4	93,8
Pudasjärven keskusta	<b>0,11</b>				0,1	0,2	0,3	4,4	6,9
Pyhäjoen alaosa	<b>1,13</b>	0,3	0,4	0,5	5,1	6,7	12,2	15,2	75,2
Riihimäen keskusta	<b>0,57</b>				5,0	5,7	6,9	15,2	22,5
Rovaniemi	<b>5,63</b>				2,2	13,8	48,2	137,5	386,5
Tornio	<b>0,27</b>	0,1	0,1	0,1	1,3	2,6	3,4	6,0	13,4
Turun rannikkoalue	<b>0,65</b>	0,2	2,4	3,3	4,9	6,1	10,0	13,6	20,0
Ylistaro-Vähäkyrö-Koivulahti	<b>0,55</b>	0,1	0,5	0,9	1,5	3,8	7,0	13,5	27,5
<b>Kaikki alueet yhteensä</b>	<b>29,45</b>	<b>12,32</b>	<b>28,01</b>	<b>43,00</b>	<b>96,22</b>	<b>186,46</b>	<b>318,45</b>	<b>728,41</b>	<b>1520,75</b>

Tulvista mahdollisesti aiheutuvien vahinkojen arviointi on tehty pääosin tulvakarttojen perusteella. Tulvariski-  
alueille on laadittu arviot eri skenaarioiden mukaisten tulvien aiheuttamista suorista euromääräisistä vahingoista.  
Vahinkoarvot on tehty seuraaville kokonaisuuksille: rakennusvahingot (rakennevahinko, irtaimisto ja puhdistus-  
kustannukset eroteltuina), liikennevahingot (vahingot infrastruktuurille, liikennekatkosta aiheutuva lisäaika, vahin-  
got ajoneuvoille), pelastustoimen kustannukset (Silander ja Parjanne 2013). Taulukossa 8 on esitetty edellä mainit-  
tujen kokonaisuuksien yhteissumma.

Kaikkia tulvan aiheuttamia vahinkoja ei voida arvioida absoluuttisesti määrällisesti eivätkä ne siten sisälly  
edellä taulukossa 8 esitettyihin arvioihin. Maatalousrakennukset ovat mukana vahinkoarvioissa, mutta itse maata-  
loudelle mahdollisesti aiheutuvia vahinkoja ei ole arvioitu. Myös teollisuuden ja liiketoiminnan keskeytyksestä  
aiheutuvat vahingot eivät kuulu yllä esitettyihin arvioihin. Niihin sisältyy lisäksi paljon epävarmuuksia ja oletuksia,  
jotka vaikuttavat olennaisesti tehtyjen arvioiden suuruuteen, mutta hieman vähemmän alueiden keskinäisiin eroi-  
hin. Suurimmat virhelähteet esimerkiksi rakennusvahinkojen osalta ovat: rakennusten perustamistasotietojen puute,

rakennusten ikä, alueelliset hintaerot, kellaritietojen ja muiden maanalaisten rakenteiden puute sekä irtaimiston arvon arviointi rakennuksen hinnan perusteella.

Poikkeuksellisten tulvien aiheuttamia rakennus- ja irtaimistovahinkoja on korvattu aikaisemmin valtion varoista vuoden 2014 alusta alkaen vain kotivakuutuksiin kuuluvasta tulvaturvasta. Samoin satovahinkojen korvaamisessa on siirrytty valtion rahoittamasta korvausjärjestelmästä vakuutus pohjaiseen vuoden 2016 alusta lähtien. SYKE kokoaa vuosittain tiedot maksetuista korvauksista suurimmilta vakuutusyhtiöiltä. Palvelusta ([www.ymparisto.fi/tulvavahingot](http://www.ymparisto.fi/tulvavahingot)) on saatavilla myös tiedot valtion myöntämistä korvauksista vuosilta 1995–2013 (vain vesistötulvat, ei irtaimistoa). Vakuutusyhtiöiden maksamia korvauksia on palvelussa vuodesta 2010 alkaen. Keskimäärin vahinkoja on korvattu 0,9 miljoonalla eurolla vuodessa, mutta tulvavakuutusten tultua markkinoille korvausmäärät ovat olleet 1,6 milj. €/v (2010–2015) (kuva 11). Näiden lisäksi vahinkoja syntyy kuntien yms. toimijoiden rakennuksille sekä välillisistä vahingoista. Vuosittaiset aiheutuneet tulvavahingot ovat täten helposti n. 5 milj. €/v.



**Kuva 11.** Maksetut korvaukset tulvavahingoista vuosittain 1995-2015. Valtion myöntämät korvaukset vuosilta 1995–2013 (vain vesistötulvat, ei irtaimistoa) sekä vakuutusyhtiöiden maksamat korvaukset vuodesta 2010 alkaen.

Tulvariskien hallinnan tavoitteena Suomessa on, että tulvista aiheutuvat vahingolliset seuraukset jäävät kokonaisuutena arvioiden mahdollisimman vähäisiksi. Yleisesti hallintasuunnitelmien tavoitetasona on useammin kuin kerran sadassa vuodessa (1/100a, 1 %) esiintyvien tulvien vahinkojen ehkäisy ja lieventäminen. Tulvariskien hallinnan keskeinen keino on alimmat suositeltavat rakentamiskorkeudet, joiden mukaan uudet rakennukset tulisi rakentaa vähintään vastaavan tason (1/100a) yläpuolelle. Rakennukset voidaan rakentaa joissain tilanteissa myös tulvan kestäviksi, esim. korottamalla tai rakentamalla alin kerros mahdollisimman vähän haavoittuvaksi.

Edellä esitetty kuvaus tulvariskien nykytilasta toimii samalla myös tulevaisuuden tulvariskien arvioinnin lähtötietona. Skenaariot perustuvat edellä esitettyihin arvioihin asukasmäärästä sekä euromääräisiin vahinkoarvioihin. Pientä epätarkkuutta aiheuttaa tietojen toisistaan hieman poikkeava lähdevuosi (asukasmäärät ja taloudelliset vahinkoarviot vuoden 2016 RHR sekä tulvakartat vuodelta 2017) sekä se, että tulevaisuuden tulvaskenaarioiden vertailuvuosi on 2015. Tästä johtuen mallinnetuissa tulevaisuuden tulvariskiarvioissa vuoden 2015 vahinkoarviot eivät vastaa täysin edellä esitettyjä asukasmääriä ja euromääräisiä vahinkoarvioita.

## 5.2 Tulvariski tulevaisuudessa

Edellä osassa A on kuvattu tulevaisuuden tulvariskien arviointimenetelmä, käytetyt skenaariot ja tehdyt oletukset. Niiden perusteella lasketut tulokset on esitetty tässä luvussa kysymysmuotoon asetettujen otsikoiden mukaisesti jaoteltuna:

- Miten kokonaistulvariski muuttuu?
- Miten tulvariskin alueelliset erot muuttuvat?
- Kumman merkitys on suurempi, ilmaston- vai väestömuutoksen?
- Mitkä tulvatyytit aiheuttavat suurimman riskin tulevaisuudessa?
- Mitä vaikutuksia globaalilla merivedenpinnan nousulla on Suomen tulvariskeihin?
- Mitkä ovat tulevaisuuden tulvien suurimmat vaikutukset?
- Miten tulvavaarassa olevien asukkaiden määrän arvioidaan muuttuvan?
- Miten tulevaisuuden tulvariskejä voitaisiin hallita tehokkaimmin?
- Mitä riskejä on hankalin ennakoita ja mihin riskeihin on vaikein varautua?

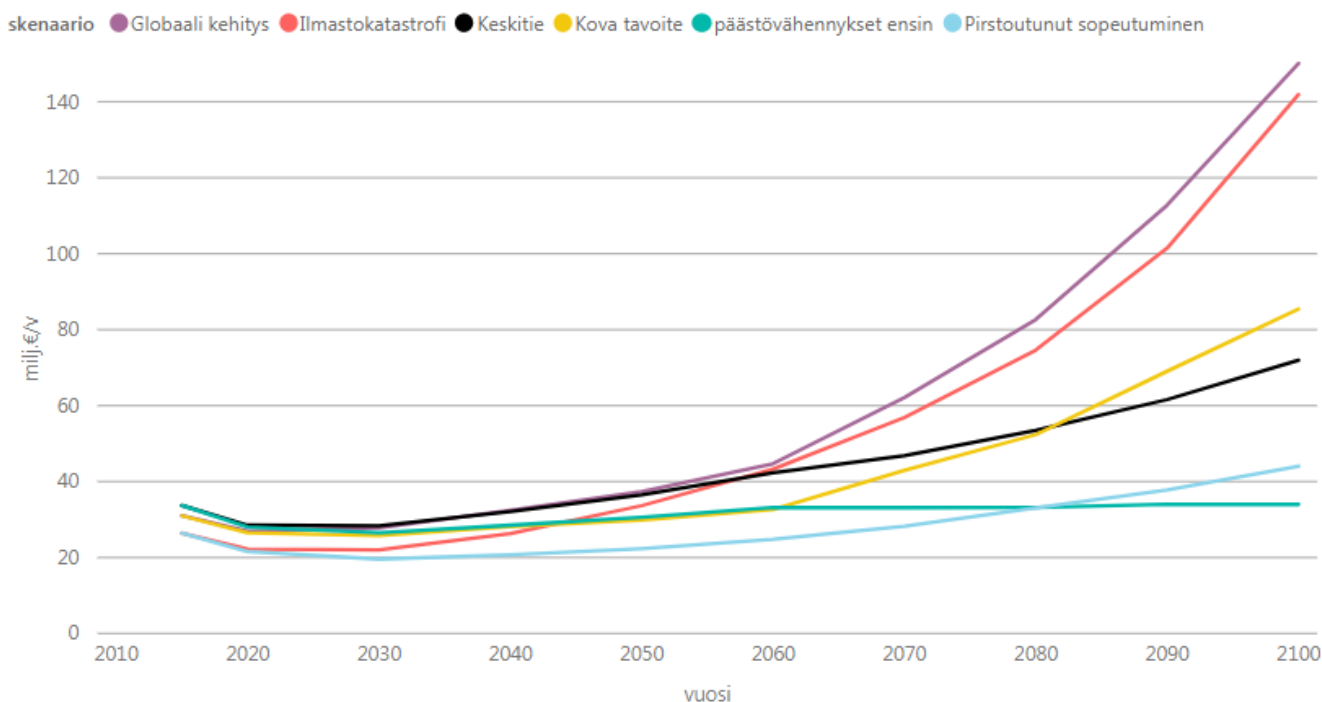
Tässä raportissa tulokset on kuvattu sanallisesti sekä esitetty keskeisimmät taulukot tai kuvaajat. Verkkopalvelussa [www.ymparisto.fi/tulvaindikaattorit](http://www.ymparisto.fi/tulvaindikaattorit) tulokset on esitetty interaktiivisina visualisointeina ja taulukkoina. Alla olevassa tulosten tulkinnassa on keskitytty lähinnä valtakunnalliseen tarkasteluun ja vertailuun – valtakunnallisen tulevaisuuden tulvariskin kuvaamiseen. Tietyn alueen tulosten tarkasteluihin parhaiten soveltuu internet-versio tai raportin liitteenä olevat ns. tulevaisuuden tulvariskikortit merkittävilta alueilta.

Kuten jo edellä on todettu, tulokset ovat suuntaa antavia ja sisältävät eri skenaarioista ja oletuksista johtuvaa epävarmuutta. Tulosten kuvauksen yhteydessä on nostettu esille joitakin arvioihin mahdollisesti vaikuttavia epävarmuuksia. Epävarmuuksia ja niiden merkittävyyttä on kuvattu kuitenkin tarkemmin jäljempänä luvussa 5.3.

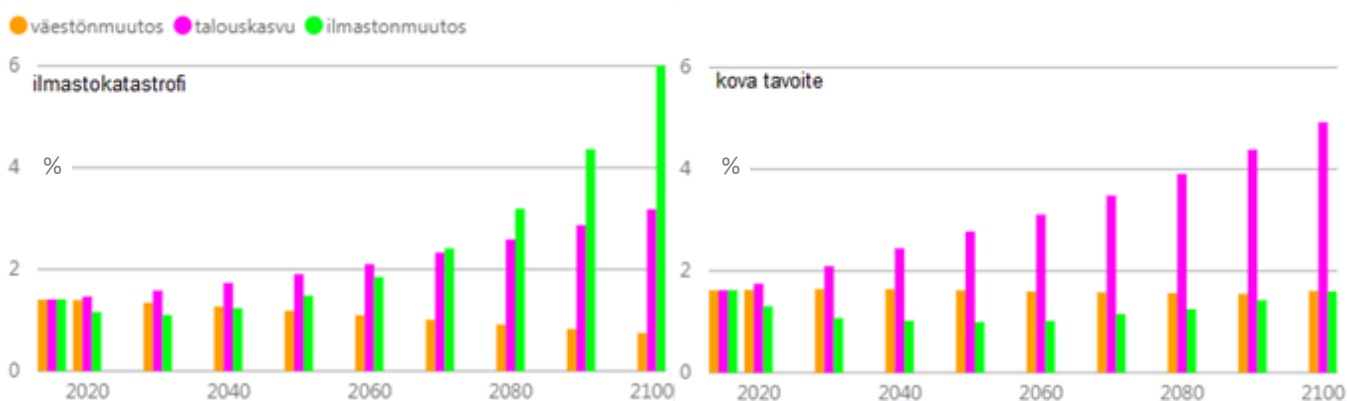
### 5.2.1 Miten kokonaistulvariski muuttuu?

Tulevaisuuden tulvavahingot kasvavat tai pienenevät alueesta ja skenaariosta riippuen vuosisadan loppuun mennessä. Merkittävää kokonaisriskin arvioinnin kannalta on se, että alueiden yhteenlaskettu vuosivahingon odotusarvon ennustetaan pysyvän suunnilleen nykyisellä tasolla noin vuoteen 2050 asti ja sen jälkeen kasvavan (kuva 12). Suhteelliset muutokset vuosisadan lopulla voivat olla hyvinkin suuria verrattuna nykyiseen riskitasoon. Eniten tähän vaikuttaa talouskasvuennuste. Ainoastaan Ilmastokatastrofi -skenaariolla ilmastonmuutoksen vaikutus nousee taloudellisen kokonaisriskin kannalta merkittävimmäksi riskiä kasvattavaksi tekijäksi (kuva 13).

### Vuosivahingon odotusarvo (milj. €/vuosi)



Kuva 12. Kaikkien merkittävien alueiden yhteenlaskettu taloudellisen vuosivahingon odotusarvo eri skenaarioilla.



Kuva 13. Taloudellisen vuosivahingon eri tekijöiden odotusarvon suhteellinen muutos vuoteen 2015 (%) kaikkien merkittävien alueiden keskiarvona kahdella ääriskenaariolla.

Vesistötulvalle vuosittain altistuvien asukkaiden määrän (asukasvuosivahingon odotusarvo) ennustetaan pysyvän noin nykyisellä tasolla, skenaarioiden vaihdella puolittumisesta kaksinkertaistumiseen. Sen sijaan meritulville vuosittain altistuvien asukkaiden määrä sisältää enemmän epävarmuutta ja voisi skenaariosta riippuen jopa kymmenkertaistua tai laskea puoleen nykyisestä. Kokonaisuutena tarkastellen taloudellisen tulvariskin arvioidaan kasvavan suhteellisesti enemmän kuin asukkaisiin kohdistuvan tulvariskin.

### 5.2.2 Miten tulvariskin alueelliset erot muuttuvat?

Sademäärän kasvu muuttaa valuntauja ja jokien virtaamia, mutta muutokset vaihtelevat alueittain ja ovat erilaisia eri vuodenaikoina. Sadannan kasvun ja lämpötilojen nousun takia myös tulvien ajankohta ja suuruus muuttuvat. Suomen vesistöalueista tulvien ennakoita kasvavan ilmastomuutoksen seurauksena vain muutamilla (Veijalainen ym. 2012). Nämä alueet ovat kuitenkin isoja vesistöjä (mm. Vuoksi, Kokemäenjoki, Kemijoki) ja niiden varrella sijaitsee merkittäviä tulvariskikohteita (mm. Pori, Rovaniemi). Merenpinnan nousunopeuden ennustetaan ylittävän

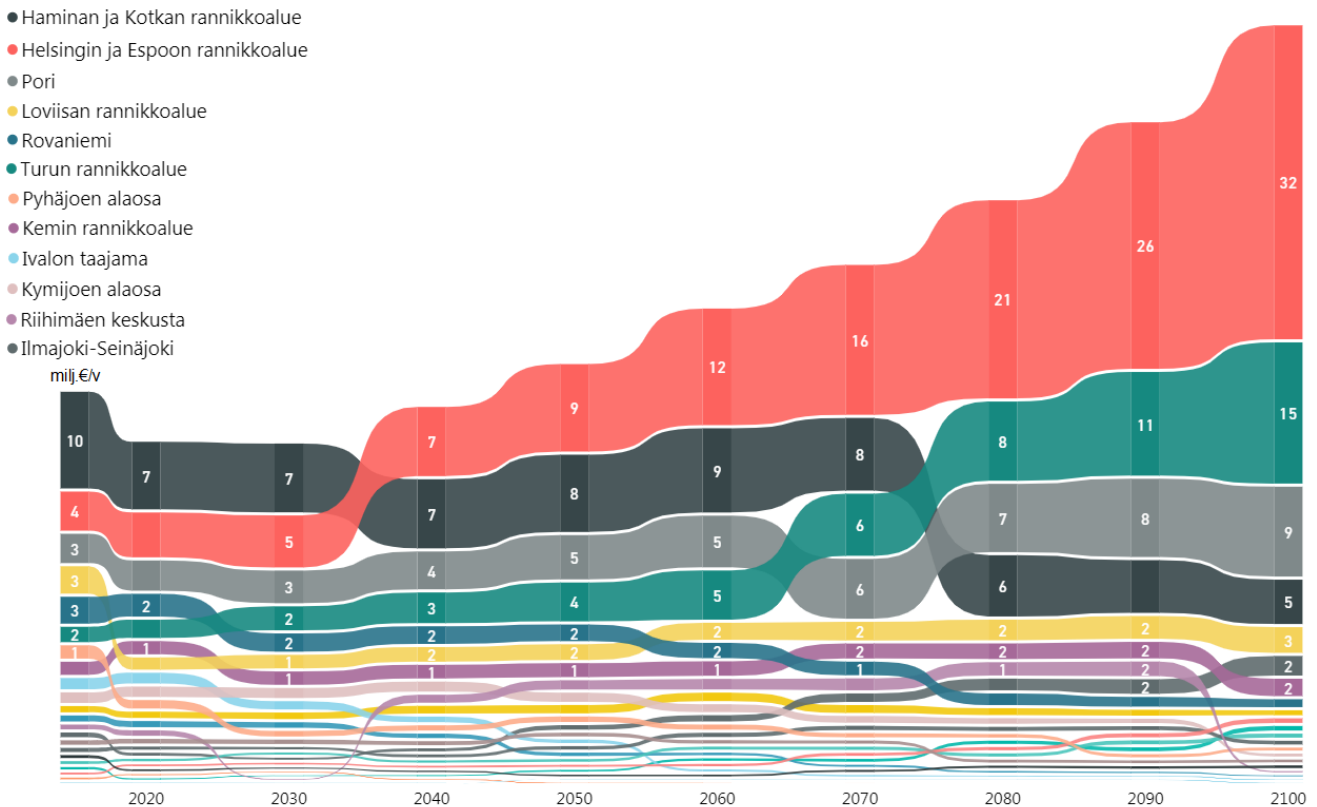
maankohoamisen nousunopeuden Suomenlahdella ja Perämerellä. Rannikon tulvariskipotentiali on suuri ja monin paikoin sen ennustetaan kasvavan väestönkasvun ja rakentamisen myötä. Rannikon tulvariskien ennustetaan kasvavan huomattavasti nopeammin kuin vesistöalueiden tulvariskien.

Tulvariski vuonna 2100 kasvaisi nykyisestä lähes kaikilla alueilla skenaarioilla *Globaali kehitys* ja *Kova tavoite* (18 ja 17 alueella) (taulukko 9). Eniten tähän vaikuttaa näiden skenaarioiden väestöennuste, jonka mukaan kuolleisuus vähenee nykyisestä 20–25 %. Ainoastaan Lapin asukasmäärältään pienemmissä kohteissa Ivalo ja Kemijärvi sekä Kaakkois-Suomen Kymijoen alaosalla ja Hamina-Kotkassa tulvariski pienenesi vuoteen 2100. Riski vähenisi useimmilla alueilla skenaarioilla Päästövähennykset ensin, Keskitie ja Pirstoutunut sopeutuminen (12-13 alueella).

Tulvariskin kehitys ei kuitenkaan ole kaikilla alueilla suoraviivaista, vaan väestön- tai ilmastomuutoksesta johtuen riski voi olla suurimmillaan tai pienimmillään vuosisadan keskivaiheilla (kuva 14). Esimerkiksi edellä mainituilla skenaarioilla *Globaali kehitys* ja *Kova tavoite*, tulvariskit vähenisivät ensin väestömuutoksen myötä, mutta nousisivat vuosisadan lopulla nykyistä suuremmaksi talouskasvun ja ilmastomuutoksen myötä. Ainoastaan Riihimäellä ja Huittisissa riski voisi ensin kasvaa ja sitten pienentyä nykyisestä (skenaariot *Keskitie* ja *Päästövähennykset ensin*).

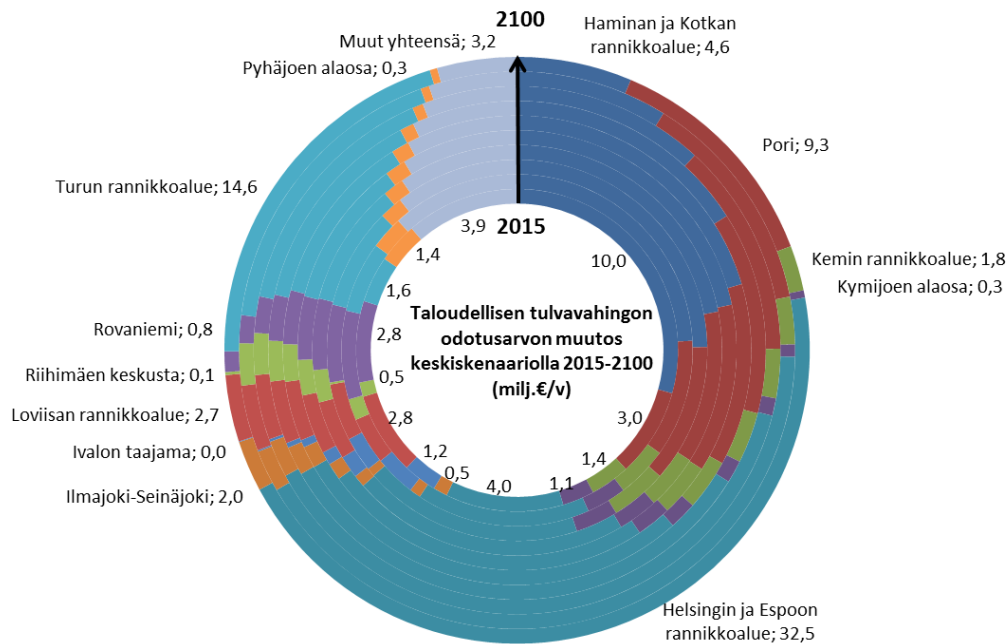
**Taulukko 9.** Taloudellisen vuosivahingon odotusarvon prosentuaalinen muutos alueittain vertailuvuoteen 2015 kolmena eri ajanhetkenä skenaariolla *Globaali kehitys*. Vihreällä on merkitty alueet ja ajanhetket joilla vuosivahinko pienenee, oranssilla ne joilla ei ole suurta muutosta (+/- 25 %) ja punaisella ne joilla vuosivahinko kasvaa.

alue	2030	2050	2100
Alavieska-Ylivieska	-64	-35	484
Haminan ja Kotkan rannikkoalue	-27	-10	-12
Helsingin ja Espoon rannikkoalue	-1	118	1520
Huittinen	10	-16	51
Ilmajoki-Seinäjoki	-47	-8	473
Ivalon taajama	-32	-76	-81
Kemijärven keskusta	-64	-74	-100
Kemin rannikkoalue	12	34	123
Kittilän kirkonkylä	1	-35	3
Kymijoen alaosa	4	-9	-58
Laihia-Runsor	-16	-21	191
Lapua	-34	-10	128
Lapväärtin taajama	-4	-5	252
Loviisan rannikkoalue	33	82	314
Pori	23	25	431
Pudasjärven keskusta	-58	-3	207
Pyhäjoen alaosa	-54	-48	8
Riihimäen keskusta	-89	-82	495
Rovaniemi	-33	-12	314
Tornio	-5	-3	91
Turun rannikkoalue	71	218	1461
Ylistaro-Vähäkyrö	-53	-49	26
<b>Total</b>	<b>-19</b>	<b>-1</b>	<b>287</b>



**Kuva 14.** Merkittävien tulvariskialueiden taloudellisen vuosivahingon odotusarvon muutokset 2015–2100 skenaariolla *Keskitie* (milj.€/a). Kuvan selitteissä on mukana vain ne alueet joiden vuosivahingon odotusarvo on tarkastelujakson alussa tai lopussa yli miljoona euroa.

Meren rannikon alueiden tulvariskin ennakoitaan kasvavan enemmän kuin vesistötulvariskialueiden (kuva 14, kuva 15). Riski rannikkoalueilla alkaisi kasvaa voimakkaimmin vuosisadan puolivälin tietämällä sekä ilmastonmuutoksen että väestönkasvun myötä. Arvioihin sisältyy kuitenkin suurta epävarmuutta johtuen laskentatavasta, jossa tulvavaarassa olevien asukkaiden määrän tulevaa kehitystä on mallinnettu koko alueen asukkaista tulvavaarassa asuvien osuuden perusteella. Meren rannikolla rakennuskäytännöt poikkeavat jonkin verran vesistön varsien rakentamisesta. Rantaviivan tuntumaan saatetaan rakentaa herkemmin, mutta toisaalta korottaa perustamistaso tulvan ulottumattomiin tai suunnitella rakennus muuten tulvan kestäväksi. Siksi voidaan olettaa, että todellinen meritulvavaarassa asuvien määrä on jonkin verran pienempikin mitä laskennan perusteena käytetyn paikkatietoanalyysin perusteella vaikuttaa. Myös näiden erityyppisten tulvien toistuvuuksien muutoksen erilaiset arviointiperusteet voivat aiheuttaa virhettä. Taloudellisissa vahinkoarvioissa epävarmuuksien vaikutus alueellisiin eroihin on pienempi. Muutoksen suunta yleisesti kuitenkin vaikuttaisi virhetarkastelut huomioon ottaen olevan se, että rannikon kaupunkialueilla riskit kasvavat ja vesistöalueilla kasvu riippuu eniten väestömuutoksesta.



**Kuva 15.** Taloudellisen vuosivahingon odotusarvon ennustettu muutos merkittävillä tulvariskialueilla 2015-2100 skenaariolla *Keskitie* (milj.€/v). Jokainen ympyrän kehä kuvaa yhtä vuosikymmentä ja sen vahinkoarvioita. Tietyn alueen osuus tietyssä vuosikymmenenä kuvaa sen alueen vuosivahingon odotusarvon osuutta kokonaisvahinkoarviosta, joten alueen vahinkoarviot eri vuosikymmeninä eivät ole suoraan vertailtavissa kuvan perusteella. Alueet, joiden vuosivahingon odotusarvo on kaikkina tarkasteluvuosina alle miljoona euroa, on niputettu kuvan selkeyttämiseksi yhdeksi kokonaisuudeksi "Muut".

### 5.2.3 Miten tulvavaarassa olevien asukkaiden määrän arvioidaan muuttuvan?

Tarkasteltaessa kaikkien koko merkittävän tulvariskialueen alueella asuvien määrää (tulvavaarassa ja tulvan ulottumattomissa asuvat), kokonaisuus kasvaisi todennäköisimmin nykyisestä vajaasta 1,5 miljoonasta asukkaasta vajaaseen kahteen miljoonaan vuosisadan lopulla (kuva 16). Suurin vaikutus tähän on Helsingin ja Espoon merkittävän tulvariskialueen arvioidulla n. 0,4 miljoonan asukkaan kasvulla. SSP3 -skenaario kuvaa voimakasta hedelmällisyyden ja muuttoliikkeen vähenemistä sekä kasvavaa kuolleisuutta, joten sen mukaista asukasmäärän vähenemistä 0,4 miljoonalla vuoteen 2100 voidaan pitää melko epätodennäköisenä.

Kokonaisuus kasvanut yhdeksällä alueella vuoteen 2100 ennakoitulla väestönkehityksellä. Suhteellisesti voimakkainta kasvu olisi Turun rannikkoalueella. Myös merkittäviksi alueiksi 2018 nimeämättä jätetyillä Jyväskylän ja Salon alueilla väestönkasvu olisi mallin perusteella voimakasta, mutta näillä alueilla tulvariskiä on saatu jo vähennettyä tai riski on todettu tarkemmissa tarkasteluissa niin pieneksi, että aluetta ei enää pidetä merkittävänä. Seuraavaksi voimakkainta kasvu on ennusteiden perusteella Riihimäellä, Rovaniemellä ja Alavieska-Ylivieskan alueella. Riihimäellä selittävä tekijä voi olla suppea aluerajaus ja Rovaniemellä seudullinen muuttovoitto.

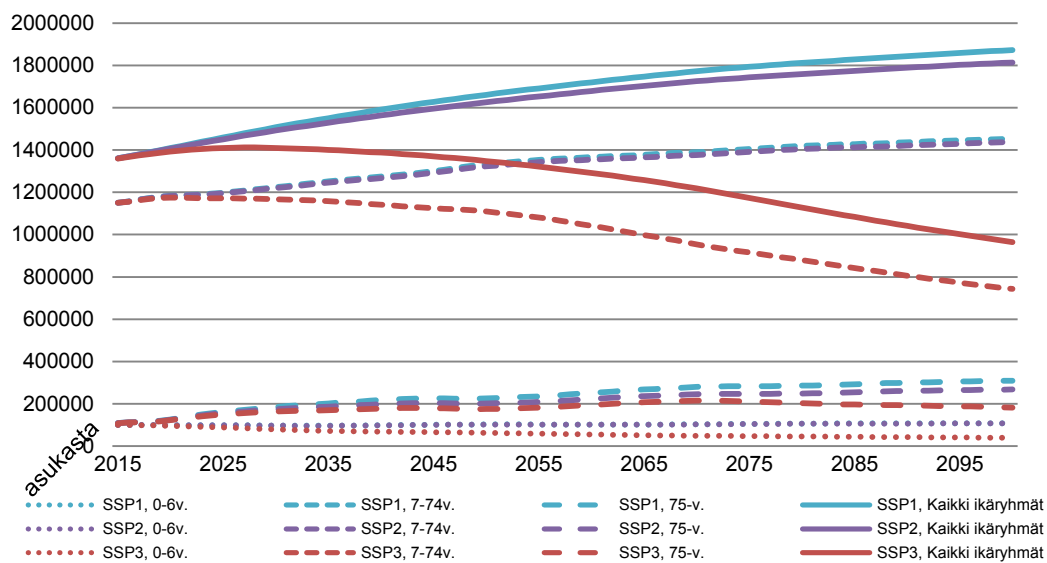
Tulvariskin kannalta erityisen haavoittuvien ikäryhmien (alle 7 v. ja yli 74 v.) osuus kaikkien merkittävien alueiden kokonaisuus kasvaa vuosisadan loppuun mennessä 18–30 % riippuen skenaariosta. Sen sijaan alueiden välillä haavoittuvien ikäryhmien kehityksessä on hyvinkin merkittäviä eroja. Millään alueella näiden ikäryhmien osuuden ei kuitenkaan ennusteta pienenevän nykyisestä. Joillakin alueilla näiden ikäryhmien osuus koko väestöstä kasvaisi jopa yli 50 %:iin. Haavoittuvien ikäryhmien voimakas suhteellinen kasvu joillakin alueilla johtuu pääasiassa alueen ikärakenteen voimakkaasta muutoksesta ja nuorempien poismuutosta.

Esimerkiksi Kemijärven keskustassa asukasmäärän lasku on skenaariosta riippumatta nopeaa. Pitkällä aikavälillä, suoraan laskentatuloksia tulkittaen, tulvariski poistuisi pikkuhiljaa kokonaan poismuuton ja luonnollisen poistuman kautta. Kemijärvellä ja muilla muuttotappioalueilla väestön ikääntyminen voi kuitenkin tuoda uudenlaisia riskejä vaikka kokonaistulvariski pieneneisi asukasmäärän vähenemisen myötä. Esimerkiksi evakuoinneissa ja tulvatiedottamisessa voi olla tarpeen varautua suureen vanhusten määrään.

Todellisuudessa väestö tuskin pienenee mallinnettua tahtia, sillä muuttoliikkeen mallinnuksessa käytetty YKR-ikäjakauma aiheuttaa epävarmuutta erityisesti voimakkaasti kasvavissa kunnissa (yliopistokaupungit) ja toisaalta voimakkaasti pienenevissä. Tämä johtuu suurimmalta osalta 18–29-vuotiaiden sekä 30–49-vuotiaiden nettomuuton laskemisesta yhdessä, jolloin ikäluokan sisäinen vaihtelu jää mallissa huomioon ottamatta. Tosiasiassa esimerkiksi 18–24-vuotiaiden tulomuutto voi olla yliopistokaupungeissa todella suuri, mutta he myös muuttavat pois 25–29-vuotiaina esim. ympäröiviin kehyskuntiin. Suuri tulomuutto pitää kuitenkin koko ikäluokan 18–29-vuotiaat positiivisena ja tällöin alueelle jää ”liikaa” väestöä. Sama ongelma toistuu väestöltään vahvasti pienenevissä kunnissa, missä 18–29-vuotiaiden nettomuutto on negatiivinen vaikka todellisuudessa ikäluokan vanhimmat saattavat jopa muuttaa takaisin alueelle opiskelun jälkeen. Tämä on kuitenkin tarkin aineisto mikä on tällä hetkellä saatavissa ja näyttää trendin oikean suunnan, mutta liioitellusti joissakin kunnissa.

Monissa kunnissa, esimerkiksi Lapissa, negatiivinen väestökehitys voi johtua osittain vakituisen asutuksen vähenemisestä ja loma-asutuksen lisääntymisestä alueen sisällä. Toinen erityisesti Lapissa vaikuttava tekijä on työpaikkoja ja asutusta houkuttelevat isot matkailukeskittymät nykyisten merkittävien tulvariskialueiden ulkopuolella. Toisaalta joissakin väestöltään taantuvissa kunnissa keskusta saattaa kuitenkin olla kasvualuetta, mikä johtuu kunnan sisäisestä muuttoliikkeestä (esim. Pudasjärvi). Kun syntyvyys on alhaista ja väestö ikääntyy, niin vanhempaa väestöä muuttaa kunnan keskustaan lähelle palveluja.

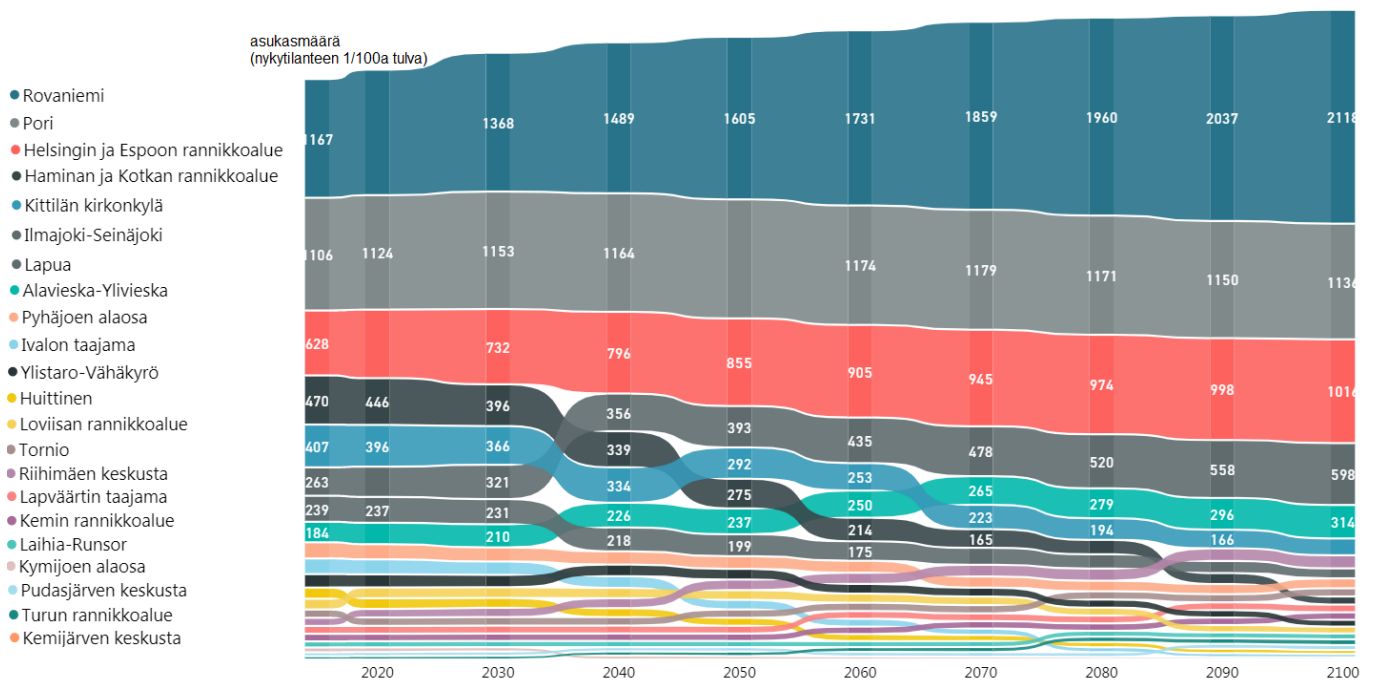
Myös merkittävän alueen koko vaikuttaa väestöennusteisiin. Esimerkiksi Haminan ja Kotkan rannikkoalueen negatiivinen väestömuutos voi johtua muuttoliikeaineistosta, jossa 18–29-vuotiaiden nettomuutto on vahvasti negatiivinen. Toisaalta aluerajaus on aika laaja ja mukana on osa Kotkan keskustaa, mutta paljon ympäröivää aluetta, missä muuttoliike on negatiivista. Pelkästään Kotkan keskustaa tarkasteltaessa väestö todennäköisesti kasvaisi jonkin verran, mutta mukana rajauksessa oleva ympäröivä alue vaikuttaa päinvastaisesti ja enemmän.



Kuva 16. Kaikkien merkittävien tulvariskialueiden yhteenlaskettu asukasmääräarvio eri skenaarioilla

Tulvariskien kehittymistä seurataan nykyään erilaisin indikaattorein ([www.ymparisto.fi/tulvaindikaattorit](http://www.ymparisto.fi/tulvaindikaattorit)). Yksi indikaattoreista on asukkaiden määrä merkittävillä tulvariskialueilla. Se kuvaa tulvavaarassa olevien asukkaiden määrää harvinaisella tulvalla (tilastollinen toistuvuus 1 %, 1/100a, paitsi jos merkittävyyden aiheuttaa joku muu tulvatyyppi kuin avovesitilanteen tulva, esim. jäistä aiheutuva tulva). Seurannassa huomioidaan ne asukkaat, jotka ovat suorassa tulvariskissä. Kuvassa 17 on esitetty keskiskenaarioiden mukainen ennakoitu vastaava väestökehitys. Kuvan tiedoissa on pieni ero tulvaindikaattorit -sivun vuoden 2015 raportoituihin lukuihin. Ero johtuu siitä, että alla olevan kuvan tietoihin ei ole tehty samoja virheellisten tietojen tarkistuksia tai ole käytetty merkittävyyden perusteena olevia tulvakarttoja. Muutoksen suuntaa ja alueiden välisiä eroja kuvasta pystyy kuitenkin arvioimaan.

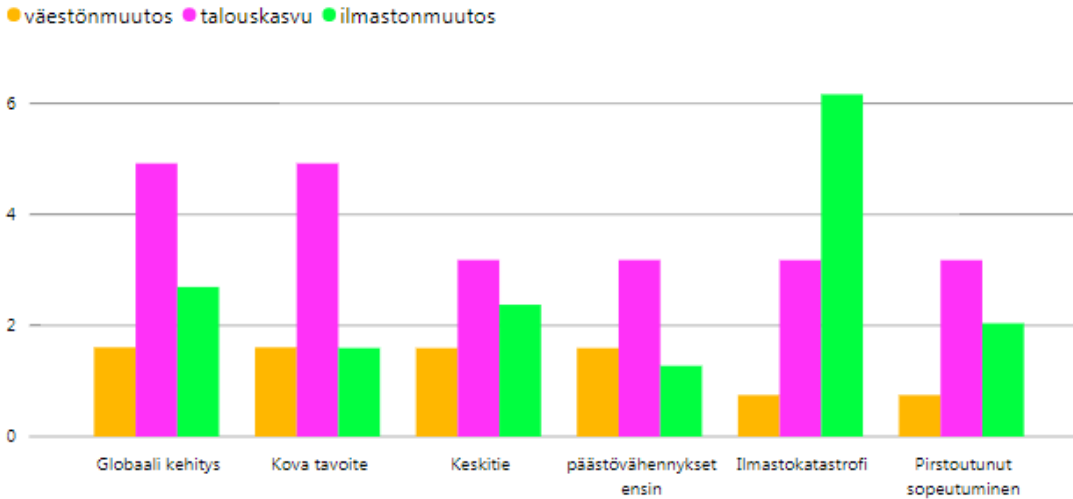




Kuva 17. SSP2 -skenaarion (*Keskittie ja Päästövähennykset ensin*) mukainen väestökehitys 1/100a tulvariskikarttojen asukasruutujen perusteella merkittävillä tulvariskialueilla. Kuvan selitteet ovat perusvuoden 2015 asukasmäärien mukaisessa suuruusjärjestyksessä. Kuvan lukuarvot ovat suuntaa antavia eikä niitä tule käyttää sellaisenaan.

#### 5.2.4 Kumman merkitys on suurempi, ilmaston- vai väestömuutoksen?

Sosioekonomisen muutoksen, eli yhdistetyn talouskasvun ja väestömuutoksen, vaikutus tulevaisuuden tulvariskiin on merkittävämpi kuin pelkän ilmastonmuutoksen. Samaan tulokseen ovat päätyneet myös Fronzek ym. 2018. Tarkasteltaessa kaikkia merkittäviä tulvariskialueita kokonaisuutena koko tarkastelujaksolla 2015–2100 talouskasvu vaikuttaa taloudellisen vuosivahingon odotusarvoon eniten kaikilla skenaarioilla pois lukien *Ilmastokatastrofi* (kuva 18). Talouskasvu on oletettu skenaarioittain vakioksi koko maassa. Ilmaston ja väestön muutosten vaikutusten suunta tulvariskiin vaihtelee alueittain, mutta talouden on oletettu kasvavan kaikilla alueilla tasaisesti ja siksi sen vaikutus kokonaistulvariskiin on suurin. Ilmastonmuutoksen ja väestömuutoksen vaikutuksissa kokonaistulvariskiin ei ole koko tarkastelujaksolla skenaarioiden välillä merkittäviä eroja, pois lukien skenaario *Ilmastokatastrofi*. Vuosisadan puolivälin aikoihin ilmastonmuutoksen vaikutukset vuosivahingon odotusarvoon alkavat tulosten perusteella kasvaa suuremmiksi kuin väestömuutoksen. Skenaarioilla *Kova tavoite* ja *Päästövähennykset ensin* ilmastonmuutoksen vaikutukset jäävät väestömuutosta pienemmiksi tai samansuuruisiksi myös vuosisadan lopulla. Näiden skenaarioiden toteutuminen alkaa kuitenkin tällä hetkellä näyttää haastavalta. Keskiskenaariolla *Keskittie* ilmastonmuutoksen vaikutus vuosivahingon odotusarvoon olisi vuonna 2050 samansuuruisen ja vuonna 2100 n. 50 % suurempi kuin väestömuutoksen vaikutus. Ilmastonmuutoksen merkitystä tulvien vuosivahingon odotusarvoon voidaan siten pitää väestömuutosta merkittävämpänä koko Suomea tarkasteltaessa pitkällä aikavälillä.



**Kuva 18.** Kokonaistulvariskiin vaikuttavat tekijät eri skenaarioilla kaikkien merkittävien alueiden ja koko tarkastelujakson 2015-2100 keskiarvona. Seuraavat skenaariot ovat sosioekonomisilta oletuksiltaan identtiset: *Keskittie & Päästövähennykset ensin*, *Globaali kehitys & Kova tavoite* sekä *Ilmastokatastrofi & Pirstoutunut sopeutuminen*. Vastaavasti skenaarioissa *Kova tavoite & Päästövähennyksen ensin* on samat ilmastonmuutosoletukset, kuin myös skenaarioissa *Keskittie & Globaali kehitys & Pirstoutuminen sopeutuminen*.

Jos tarkastellaan vesistö- ja meritulvariskiä erillisinä kokonaisuuksina, huomataan, että vesistötulvariskiin vaikuttaa enemmän väestön- kuin ilmastonmuutos aivan vuosisadan loppua lukuun ottamatta. Meritulvakohteillakin väestömuutos on vielä noin 2050 asti merkittävämpi, mutta vuosisadan lopulle mennessä ilmastonmuutoksen vaikutus vuosivahingon odotusarvoon nousisi talouskasvun kanssa yhtä merkittäväksi tekijäksi (pl. skenaariot *Kova tavoite* ja *Päästövähennykset ensin*).

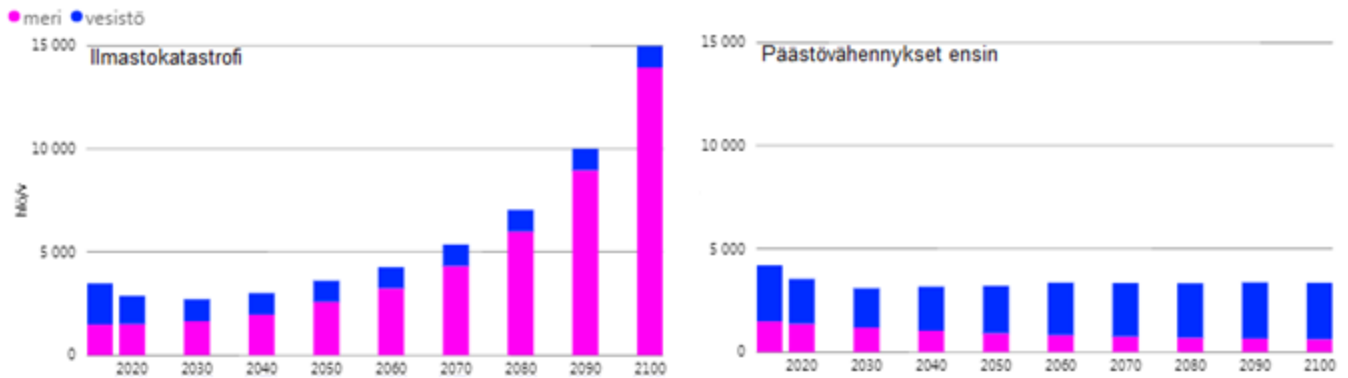
Tarkasteltaessa alueita yksittäin ei pystytä yhtä luotettavasti osoittamaan että tulvariski muuttuisi selkeästi yhden arvioidun tekijän vaikutuksesta. Joillakin vesistöalueilla kaikilla skenaarioilla ja koko tarkastelujaksolla väestömuutoksen merkitys on suurempi kuin ilmastonmuutoksen (esim. Alavieska-Ylivieska, Ilmajoki-Seinäjoki, Kemijärven keskusta, Pudasjärven keskusta, Riihimäen keskusta ja Rovaniemi). Sen sijaan esimerkiksi Huittisissa ilmastonmuutoksen vaikutus olisi suurempi kaikilla skenaarioilla. Muilla alueilla merkittävin tekijä vaihtelee skenaarion ja tarkasteluhetken mukaan.

Tuloksista huolimatta tehokkain keino vaikuttaa tulvariskien vähentämiseen pitkällä aikajänteellä on alueiden käytön suunnittelu. Joillain alueilla tulvariski näyttäisi vähenevän runsaasti voimakkaan negatiivisen väestökehityksen myötä, mutta muutokset tapahtuvat pitkällä aikavälillä eikä tulevaa kehitystä voi ottaa vielä nykytilanteen tulvariskienhallinnan perustaksi. Päätöksenteon haasteena on se, että vaikutukset (maankäyttö ja ilmastonmuutos) näkyvät vasta vuosien päästä ja epävarmuudet lähtötiedoissa ja skenaarioissa ovat suuria.

### 5.2.5 Mitkä tulvatyyppit aiheuttavat suurimman riskin tulevaisuudessa?

Vesistötulvalle vuosittain altistuvien asukkaiden määrä (asukasvuosivahingon odotusarvo) pysyisi noin nykyisellä tasolla tai korkeintaan kaksinkertaistuisi skenaariosta riippuen. Sen sijaan meritulville vuosittain altistuvien asukkaiden määrä voisi skenaariosta riippuen jopa kymmenkertaistua (*Ilmastokatastrofi*) tai laskea puoleen (*Päästövähennykset ensin*) nykyisestä. Taloudellisten vuosivahinkojen arviot ovat samansuuntaisia, joskin skenaariolla *Ilmastokatastrofi* meritulvavahingot voisivat olla vuonna 2100 jopa 20-kertaiset vesistötulvavahinkoihin. Muutoksen suuruus on linjassa tuoreimpien Euroopan laajuisten vastaavien arvioiden kanssa (Lobanova ym. 2018). Keskiskenaariolla *Keskittie* meritulvariskialueiden (laskutavasta riippuen 5-9 aluetta, koska myös rannikon tuntumassa sijaitsevilla vesistötulvariskikohteilla voi aiheutua meritulvavahinkoja) vahingot vuonna 2100 olisivat 2-3 kertaa suuremmat kuin vesistötulvariskialueiden (13-17 aluetta). Ilmastonmuutoksen myötä kasvavien valuntojen ja virtaamien sekä jokien jääpeitteisen ajan lyhenemisen arvioidaan lisäävän hyydetulvariskiä. Erityisesti nykyisillä hyydetulvariskikohteilla hyydetulvien todennäköisyyden arvioidaan yleistyvän.

Kuvassa 19 on esitetty tulvalle altistuvien asukkaiden vuosittainen odotusarvo eli tulvavaarassa asuvien asukkaiden tulvakartoitettujen skenaarioiden todennäköisyyden huomioon ottava keskiarvo. Skenaarioiden väliset erot asukasmäärien vuosittaisissa odotusarvoissa ovat suuremmat kuin taloudellisissa odotusarvioissa. Suuret erot johtuvat erityisesti voimakkaasta väestönkasvusta rannikkoalueilla yhdessä sen oletuksen kanssa, että uudet asukkaat sijoittuvat tulvavaara-alueille tulevaisuudessa samassa suhteessa kuin nykyään. Näin ollen esimerkiksi nykyiset tulvavaarassa olevat rakennukset, jotka kuitenkin ovat oikeaoppisesti korotettuja, voivat aiheuttaa kertautuvaa virettä tulevaisuuden tulvariskiarvioihin (esim. meren rannalla sijaitsevat kerrostalot).



Kuva 19. Tulvalle altistuvien asukkaiden vuosittainen odotusarvo merkittävillä alueilla yhteensä kahdella ääriskenaariolla. Päästövähennykset ensin on tässä yhteydessä ääriskenaario, koska siinä päästöjen oletetaan lähtevän laskuun 2020 kuten Kova tavoite –skenaariossa, mutta väestönkehitys on nykyisenkaltaista eikä kuolleisuus vähene.

Hulevesitulvariskien muuttumista ei ole voitu arvioida samoin menetelmin kuin vesistö- ja meritulvariskejä. Luvussa 5.1 kuvassa 11 esitettyjä tulvavahinkokorvauksia tarkasteltaessa, huomataan että 2010-luvulla hulevesitulvien vahinkoja on korvattu melko tasaisesti eri vuosina, useina vuosina suurempi summa kuin vesistö- tai meritulvista. Kokonaisuutena vesistötulvavahinkoja on korvattu 2010-luvulla enemmän yksittäisten isojen vesistötulvien vuoksi. Vaikka ilmastonmuutoksen arvioidaan lisäävän sademääriä ja niiden intensiteettiä sekä vettäläpäisemättömän pinnan osuuden kasvavan kaupungistumisen myötä, voi olla että merkittäviä hulevesitulvariskialueita ei tulevina vuosinakaan nimetä samoissa määrin kuin vesistö- ja meritulvariskialueita. Hulevesitulvariskialueet ovat tyypillisesti niin suppeita, että esimerkiksi väestömuutosarvioiden tekeminen tai tulevaisuuden valunnan mallintaminen muuttuvassa kaupunkirakenteessa eivät onnistu edes sillä epävarmuuden asteella jota vesistö- ja meritulvariskien arvioinnissa on tässä menetelmässä käytetty.

### 5.2.6 Mitä vaikutuksia globaalilla merivedenpinnan nousulla on Suomen tulvariskeihin?

Ilmatieteen laitoksen tuoreessa tutkimuksessa (Pellikka ym. 2018) on päivitetty arviot merenpinnan noususta ja tulvariskeistä Suomen rannikolla vuoteen 2100. Tutkimuksessa yhdistettiin ennusteet globaalista merenpinnan noususta pitkällä aikavälillä ja havaintoihin perustuvat arviot lyhytaikaisesta vedenkorkeuden vaihtelusta, jotta voitiin arvioida tulvien todennäköisyyttä tulevaisuudessa.

Merenpinnan nousu on tutkimuksen mukaan Suomessa noin 80 prosenttia maailmanlaajuisesta keskiarvosta. Syitä tähän on kaksi: jäätiköiden sulamisen epätasainen vaikutus sekä lämpölaajeneminen. Suomen rannikon merivedenkorkeuteen vaikuttaa selvästi enemmän Etelämantereen kuin Grönlannin mannerjäätikön sulaminen, koska sulavan jäätikön lähellä maankuori kohoaa ja myös jäätikön meriin kohdistama vetovoima heikkenee. Tästä syystä jäätiköiden osuus meriveden nousuun Suomessa on globaalia keskiarvoa pienempi. Lämpölaajenemisen vaikutuksen - yhdessä merivirtojen muutosten kanssa - arvioidaan olevan Suomessa hieman voimakkaampi kuin maapallolla keskimäärin. Lisäksi Suomen rannikolla maankohoaminen jatkuu merivedennousua voimakkaampana monin paikoin vielä pitkään.

Arvioiden mukaan merenpinta voi nousta Suomenlahdella jopa 80–90 cm tämän vuosisadan aikana. Kun maankohoaminen otetaan huomioon, keskimääräisten arvioiden mukaan merenpinta nousee Suomenlahdella noin 30 cm ja korkeimpien ennusteiden toteutuessa jopa 90 cm vuosina 2000–2100. Esimerkiksi tammikuussa 2005

koettu tulva, joka nosti meriveden ennätyskorkeuksiin Suomenlahdella, voisi vuosisadan lopun ilmastossa toistua keskimäärin joka toinen vuosi.

### 5.2.7 Mitkä ovat tulevaisuuden tulvien suurimmat vaikutukset?

Tulevaisuuden tulvariskien suurimpia suoria vaikutuksia arvioidaan olevan meri- ja hulevesitulvista aiheutuvat rakennusten ja laitteiden kastumiset sekä erilaiset palveluiden, liikenteen, tiedonsiirron ja energiahuollon katkokset. Suorat asukkaisiin koskevat vaikutukset jäävät meri- ja hulevesitulvaista usein lyhytaikaisiksi. Vesistötulvista voi aiheutua pidempiaikaisia suoria vaikutuksia asukkaille, rakenteille sekä maataloudelle. Yhteiskunnan ja rakenteiden teknistyessä niiden haavoittuvuus ja siten välillisten vaikutusten osuus korostunee selvästi nykyisestä. Tulvien aiheuttamat kerrannaisvaikutukset esimerkiksi toimintakatoista johtuen voivat nousta nykyisestä selvästi suoria vahinkoja merkittävämmäksi tekijäksi. Tämä korostuu erityisesti hulevesitulvatilanteissa kaupunkialueilla, joissa on runsaasti haavoittuvia kohteita ja huonosti vettäläpäiseviä pintoja. Usein varautuminen hulevesitulvatilanteisiin on riskeihin nähden kallista ja hankalaa tai riskejä ei ole otettu riittävästi huomioon suunnittelussa. Tulvien äärevöityminen ja vuodenaikaisvaihtelun muutos muuttavat myös vaikutuksia nykyisestä.

### 5.2.8 Miten tulevaisuuden tulvariskejä voitaisiin hallita tehokkaimmin?

Tässä raportissa esitettyjen tulevaisuuden tulvariskiarvioiden perusoletuksena on ollut, että tulvariskejä hallitaan tulevaisuudessa kuten nykyäänkin. Selvästi eniten tulvariskin muuttumiseen voidaan vaikuttaa vähentämällä altistumista ja haavoittuvuutta; ohjaamalla maankäyttöä erityisesti uusilla asuinalueilla tulvavaaran ulkopuolelle. Erityisen tärkeää tämä on kasvavissa kaupungeissa Suomenlahden rannikolla, jossa merivedennousun ennakoitaan olevan suurinta. Vaikutukset näkyvät kuitenkin vasta pitkällä aikavälillä. Tulosten perusteella vuosivahingon odotusarvot talouden ja asukkaiden osalta alkaisivat kasvaa vasta 2040–2050 aikoihin jos hallintatoimia jatkettaisiin nykykäytännön mukaisesti. Toisaalta rakennusten elinkaaren ollessa 50–100 vuotta, pitäisi jo nykyisessä maankäytössä ottaa huomioon tulvariskien mahdolliset muutokset vuosisadan loppupuolella. Vuoden 2050 jälkeen voidaan tarvita nykyistä enemmän myös muita toimenpiteitä.

Olemassa olevien rakennusten ja toimintojen uudelleen sijoittaminen tulvariskialueen ulkopuolelle on Suomessa vain joissain tilanteissa kannattavaa. Muissa tapauksissa tulisi arvioida onko alueen tulvariskien hallinta tehokkaalla tasolla. Arvioiminen vaatii tietoa toimenpiteiden kustannuksista. Tulvariskien hallinta voi olla tehokkaimmillaan jos ei ole tiedossa toimenpiteitä, joiden kustannukset ovat hyötyjä alhaisemmat. Teoriassa on myös mahdollista, että tulvariskiin on varauduttu liiankin hyvin. Korkotaso ja tarkastelun aikajänne vaikuttavat merkittävästi kannattavuuden arviointiin. Tehokkaan tulvariskien hallinnan taso muuttuu jatkuvasti tulvariskien toimenpiteiden kustannusten vuoksi. Tulvariskien hallinnan tehokkuutta on arvioitava säännöllisesti ja sitä useammin mitä enemmän tulvariskin ennustetaan kasvavan.

### 5.2.9 Mitä riskejä on hankalin ennakoita ja mihin riskeihin on vaikein varautua?

Tulevaisuuden tulvariskeihin vaikuttavista tekijöistä vaikeimmin ennakoitavia ovat rakennuskannan muutokset ja taloudellinen kehitys. Myös ilmastonmuutoksen aiheuttamissa tulvariskeissä on skenaarioista riippuvaa, paikoin suurtakin hajontaa. Niiden osalta muutoksen suunta on kuitenkin melko hyvällä varmuudella tiedossa. Toisaalta ilmastonmuutoksen vuoksi mahdollisesti lisääntyvään tulvavaaraan (sadanta ja sen intensiteetti, lumen määrä, jne.) varautuminen on hankalampaa kuin rakennuskannan sijoittumiseen merkittäville tulvariskialueilla. Tiukalla maankäyttöpolitiikalla ja rakentamismääräyksillä tulvariski voitaisiin pitää nykyisellään tai jopa vähentää sitä, vaikka ilmaston ja talouden kehitys veisivät tulvariskiä epäsuotuisaan suuntaan.

Koska vahinkoja on arvioitu menetelmässä pitkälti euromääräisinä, aiheuttaa talouskasvu suurta epävarmuutta varsinkin vuosisadan lopulla. Ylipäätään talouskehitykseen liittyy paljon sellaisia vaikeasti ennakoitavia tekijöitä jotka voivat heilauttaa tulvariskiarvioiden perusteena olevaa kehitystä lyhyessä ajassa paljonkin. Myös tulvariskien

hallinnan, aluepolitiikan tai kaavoituskäytäntöjen isot muutokset voivat aiheuttaa ennakoimatonta tulvariskien kehitystä. Tulevaisuuden tulvariskiarvioita onkin jatkossa tärkeä arvioida kriittisesti ja tarkistaa säännöllisin väliajoin.

Tulvapolitiikan muutoksiin tulisi kiinnittää erityistä huomiota. Tulvariskilain voimaan astumisen jälkeen vuonna 2010 on kiinnitetty aiempaa enemmän huomiota tulvariskien hallinnan tavoitetasoihin ja tulvariskien hallinnan tehokkuutta onkin paikoin parannettu merkittävästi. Myös tulvavahinkojen korvauskäytäntöön tehdyt muutokset voivat näkyä tulviin varautumisessa, esimerkiksi yksittäisten kotitalouksien varautumisessa ja halukkuudessa siihen.

### 5.3 Epävarmuudet ja niiden merkittävyys

Riskien laskentaan liittyy epävarmuus, joka aiheutuu laskennan lähtöarvojen virheestä ja alueellisesta yleistämisestä. Lähtöarvoista ilmastonmuutos muuttaa sekä tulvavaaran että altistumisen astetta. Talouskasvu ja väestömuutos vaikuttavat altistumiseen ja haavoittuvuuteen. Muutokset eivät tapahdu välttämättä suoraviivaisesti tai samaan aikaan, ja niihin voidaan vaikuttaa erilaisin toimenpitein. Erilaisista skenaarioista huolimatta kokonaisepävarmuus on siksi suuri.

On syytä huomata, että laskennassa ei ole otettu huomioon välillisiä epäsuoria tai aineettomia vahinkoja. Lähtöaineistoina käytetään pääasiallisesti avointa ja helposti saatavilla olevaa tietoa, mikä voi vähentää alueellista ja paikallista tarkkuutta. Aineistoihin ja mallinnukseen liittyviä epävarmuuksia on vähennetty käyttämällä yleisesti hyväksytyjä menetelmiä ja skenaariota. Hankkeessa epävarmuuden vaikutusta on arvioitu Monte-Carlo-simulaatiolla ottaen huomioon jakauman muoto. Laskennan lähtöarvoina on käytetty asiantuntija-arvioita tiedon epävarmuudesta (taulukko 10).

**Taulukko 10.** Eri muuttujien arvioitu epävarmuuden vaikutus (0 pieni; \* vähäinen, \*\* kohtalainen, \*\*\* suuri).

Muuttuja/Tarkasteluvuosi	2015	2030	2050
Väestömuutos	0	*	**
Talouskasvu		**	***
Ilmastonmuutos:			
Merialueet	0	**	***
Sisävedet	0	*	**
Nykytilanteen vahinkoarvio	*	*	*
Mallin epävarmuus	*	*	*
<b>Yhteisvaikutus</b>	*	**	***

Monte-Carlo -simuloinnin perusteella vahingon odotusarvon kokonaisvirhe merkittävillä tulva-alueilla on arviolta  $\pm 20\%$  vuonna 2015,  $\pm 40\%$  vuonna 2030 ja yli  $\pm 60\%$  vuonna 2050 (taulukko 10).

Yleisesti voidaan sanoa, että:

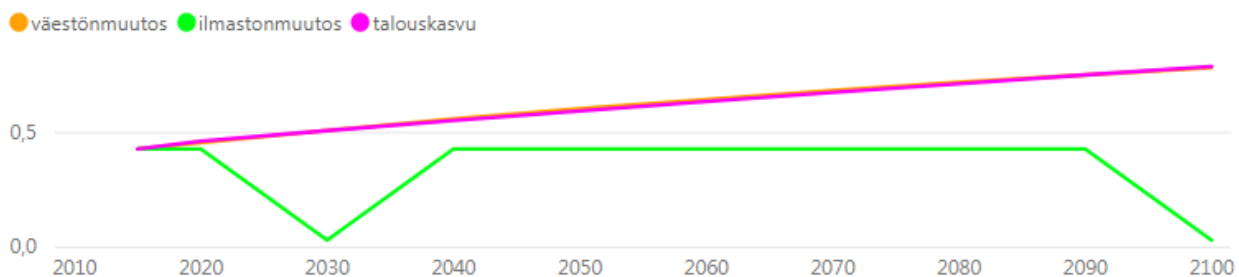
- nykytilanteessa virhe on sitä suurempi, mitä pienempi alue
- skenaarioiden kokonaisvirhe on pienempi kuin yksittäisen skenaarion virhe
- skenaarion virhe on yleensä pienin 2015 ja suurin 2100
- toteutettavien toimenpiteiden vaikutuksia ei ole otettu huomioon, erityisesti uusien rakennusten rakentamiskorkeudet voivat vaikuttaa oleellisesti kokonaisriskiin tulevaisuudessa, niitä ei ole otettu laskennassa huomioon
- talouskasvun oletetaan olevan vakio kaikkialla Suomessa, jolloin sen merkitys voi yli- tai alikostua alueittain
- vahingon odotusarvon (milj. €/vuosi) virhe on suuri alueilla, joilla oletetaan syntyvän vahinkoa keskimäärin kerran sadassa vuodessa tai sitä yleisemmin esiintyvillä tulvilla.

Lähtöoletuksiin (väestömuutos, talouskasvu ja ilmastonmuutos) liittyvää epävarmuutta on tarkasteltu myös luvussa 3. Alla niihin liittyviä epävarmuuksia ja tehtyjen oletuksien vaikutuksia on pohdittu kokonaisuuden kannalta.

**Väestömuutoskenaarioissa** on huomattava, että muuttoliikkeen mallinnuksessa käytetty YKR-ikäjakauma aiheuttaa epävarmuutta suuresti kasvavissa kunnissa (yliopistokunnat) ja vahvasti pienenevissä. Tämä johtuu suurimmilta osilta 18–29-vuotiaiden sekä 30–49-vuotiaiden nettomuutonlaskemisesta yhteen, jolloin ikäluokan sisäinen vaihtelu jää mallissa huomioon ottamatta. Tosiasiassa esimerkiksi 18–24-vuotiaiden tulomuutto voi olla yliopistokaupungeissa todella suuri, mutta he myös muuttavat pois 25–29-vuotiaina esim. ympäröiviin kehyskuntiin, mutta suuri tulomuutto pitää koko ikäluokan 18–29-vuotiaat positiivisena ja tällöin alueelle jää ”liikaa” väestöä. Sama ongelma toistuu väestöltään vahvasti pienenevissä kunnissa, missä 18–29-vuotiaiden nettomuutto on negatiivinen vaikka todellisuudessa ikäluokan vanhimmat saattavat jopa muuttaa takaisin alueelle opiskelun jälkeen.

**Taloukasvu** Suomen eri osissa vaihtelee voimakkaasti vuositasolla, ja sen vaikutus 10–20 vuoden aikavälillä voi olla 30 % käypiin hintoihin verrattuna. Yksi alue voi kehittyä muita alueita nopeammin 10 vuotta ja seuraavana viitena vuotena taas kehittyä merkittävästi hitaammin. Laskennassa oletetaan että taloukasvu on vakio suomessa. Oletus aiheuttaa merkittävää virhettä. Alueellisen taloukasvun alueellinen huomioonottaminen olisi vahvistanut väestömuutoksen aiheuttamaa tulvariskin muutoksen suuntaa eli alueelliset erot olisivat kasvaneet. Luotettavia pitkän aikavälin alueellisia taloukasvuennusteita ei kuitenkaan ole saatavilla. Laskennassa on käytetty taloukasvuennusteita, jotka ovat maltillisia ja ennustavan kasvun merkittävää hidastumista, kun niitä verrataan 1900-lukuun.

**Ilmastonmuutoksen** eli virtaamien kasvuennusteen epävarmuudet voi havaita selvästi esimerkiksi Riihimäen tulvariskialueella (kuva 20). Alueen keskiylivirtaamat ovat vain muutamia kuutiometrejä sekunnissa ja alue sijaitsee vesistön latvoilla Etelä-Suomessa, missä kesätulvien ennakoidaan yleistyvän rankkasateiden myötä. Pienillä alueilla valunnan muutokset saattavat olla hyvinkin erilaisia ja virhe näkyy yksittäisten kohteiden ja pienten alueiden tulvariski-arviossa. Ennakointia vaikeuttavat monet takaisinkytkennät ihmistoiminnan ja luonnonolojen välillä (Suomen Ilmastopaneeli 2/2016).



**Kuva 20.** Kuvassa on eritelty kokonaistulvariskin vaihtelu eri tekijöittäin tulvariskiin Riihimäellä skenaariolla *Keskitie*. Pystyakselilla taloudellisen vuosivahingon odotusarvo (milj.€/v). Ilmastonmuutoskenaariolla aiheuttama riski vaihtelee voimakkaasti, minkä voi havaita skenaarioviivan nopeista muutoksista. Väestömuutoksen ja taloukasvun vaikutukset ovat yhtä suuret.

**Nykytilanteen tulvavahinkoarvioihin** ja rakennusten arvoon liittyviä epävarmuuksia on tarkasteltu julkaisussa (Silander ja Parjanne 2013). Menetelmä pohjautuu rakennuksen hinnan arviointiohjeistoon (Haahtela 2012). Ohjeistoa on julkaistu vuodesta 1998 ja sitä hyödynnettäneen myös uudessa kiinteistöverouudistuksessa. Vahinkolasennan neliöhinnat perustuvat muun Suomen hintoihin, jolloin pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien vahinkoarvio voi olla 7–15 % laskettua suurempi, yksittäisten rakennusten tai alueiden osalta vieläkin suurempi.

Yksi merkittävimmistä tulvakartoitukseen liittyvistä virhelähteistä on maanpinnan korkeustiedon poikkeaminen rakennuksen alimman lattiapinnan korkeudesta. Tämä voi vaikuttaa yli 20 % nykytilanteen taloudelliseen vahinkoarvioon. Vähintään yhtä suuren virheen voi aiheuttaa rakennuksen sijainnin esittäminen pistemäisenä. Rakennuspiste ei aina osu rakennuksen kohdalle tai se voi jopa sijaita vesistössä vaikka todellisuudessa rakennus olisi kuivalla maalla. Vahinkofunktiolaskennassa käytettävä vesisyvyys määritellään kuitenkin rakennuspisteen kohdalta. Toisaalta arviointia varten ei ole tehty ilmastonmuutostulvakarttoja, vaan tulevaisuudessa mahdollisesti kasvavien tulvien on ainoastaan oletettu aiheuttavan suurempia vesisyvyyyksiä ja toistuvan useammin. Jotkin nykytilanteen

tulvassa kuivalle maalle jäävät rakennukset voisivat tulevaisuuden tulvassa kastua jos tulva-alue levittäytyy laajemmalle.

Alueilla, joilla tulvasuojelua ei ole tai tulvasuojelun taso on niin alhainen (alle kerran 20 vuodessa), voi vuosivahingon odotusarvon olla kaksinkertainen todelliseen arvoon verrattuna. Virhe voi johtua maastomallin sekä rakennusten sokkelinkorkeuteen liittyvästä epätarkkuudesta.

**Tulvan toistuvuuden arviointi** perustuu tiettyihin RCP-skenaarioihin, jotka on alueellistettu, valittujen mallien avulla. Mallinnuksen tuloksena saadaan tiettyyn paikkaan ennustettu uusi todennäköisyysjakauma, jonka perusteella tulvan toistuvuus voidaan arvioida. Ennusteen epävarmuus on moninkertainen päästöskenaarion epävarmuuteen verrattuna, mutta tulvariskin laskemisen kannalta tämä ei kuitenkaan ole ongelma. Ongelmaksi muodostuu se että vuonna 2100, tietyllä alueella oleva rakennus voisi vahingoittua täysin, esim. 10 kertaa vuodessa, jolloin vahinkoarvio ei olisi todenmukainen. Tämä ongelma on ratkaistu siten, että toistuvuuden *1/2a* (tulvan vuotuinen todennäköisyys 50 %) tai sitä yleisempien tulvien aiheuttamat vahingot on rajattu laskennassa aina tarkastelun ulkopuolelle. Eli kovimmillakaan ilmastonmuutosskenaarioilla esimerkiksi tulvan *1/5a* toistuvuus ei voi muuttua yleisemmäksi kuin *1/2a*. Rajoitus vaikuttaa erityisesti Helsinki-Espoon, Hamina-Kotkan ja Loviisan rannikkoalueiden riskiarvioihin vuodesta 2060 alkaen skenaariolla Ilmastokatastrofi, ja vuodesta 2080 alkaen myös parilla muulla skenaariolla. Rajoituksella on myös vaikutusta joidenkin muiden rannikolla tai rannikon tuntumassa olevien alueiden arvioihin aivan vuosisadan lopulla skenaariolla Ilmastokatastrofi. Ilman tätä oletusta tulvariskialueiden yhteenlaskettu vuosivahinko vuonna 2100 olisi keskimäärin yli kaksinkertainen nyt esitettyihin arvioihin verrattuna ja rannikkoalueilla jopa kuusinkertainen. Oletuksena siis on, että toistuvuuden saavuttaessa tason *1/2a*, toteutetaan viimeistään vahinkoja rajoittavat tulvariskien hallinnan toimenpiteet.

Rannikkoalueiden osalta sekä vesistö- että meritulvariskin laskeminen yhteen yliarvioi riskiä, koska ilmiöiden oletetaan olevan toisistaan riippumattomia vaikka ne joskus tapahtuvatkin samanaikaisesti. Jos kunkin merkittävän tulvariskialueen vahingot arvioitaisiin vain merkittävyyden perusteena olevan tulvatyyppin perusteella, olisi kaikkien alueiden yhteenlaskettu vuosivahingon odotusarvo 22–36 % arvioitua pienempi.

## 5.4 Tulevaisuuden tulvariskiarvioiden hyödyntäminen

Merkittävien tulvariskialueiden hallinnan tavoitetasoksi asukkaiden ja asuinrakennusten osalta on pääsääntöisesti asetettu keskimäärin kerran sadassa vuodessa toistuva tulva ja toimenpiteet on suunniteltu vastaamaan tähän. Paikoitellen esimerkiksi nykyisin keskimäärin kerran sadassa vuodessa toistuva tulva saattaa toistua vuosisadan lopulla tilastollisesti kerran kahdessakymmenessä vuodessa. Muutos rakennusten tai tulvariskien hallinnan toimenpiteiden elinkaaren aikana voi olla siis merkittävä. Tulevaisuuden tulvariskiarviot on tarkoitus laatia myöhemmin koko Suomen kattavaksi, jolloin niitä voidaan hyödyntää erityisesti alueilla, jolla ei vielä tehdä tarkempaa tulvariskien hallintatyötä.

Keskitetysti tuotettuja tulevaisuuden tulvariskiarvioita voidaan käyttää sellaisenaan tulvariskien alustavassa arvioinnissa ja valtakunnantason tarkasteluissa sekä alueellisesti tarkennettuna toimenpiteiden arvioinnissa ja maankäytön suunnittelun tukena. Arvioinnin apuna voidaan karkeasti pohtia erilaisten mahdollisten sopeutumisstrategioiden vaikutusarvioita tulvien toistuvuuden, niille altistumisen ja haavoittuvuuden suhteen. Erityisesti tuotettujen arvioiden avulla pyritään vastaamaan tulvariskilain velvoitteisiin sekä ottamaan ilmastonmuutos ja maankäyttö paremmin huomioon toisella suunnittelukierroksella. Tämä raportti toimii samalla myös tulvariskien ilmastonmuutosarvioinnin kansallisena menetelmäkuvauksena.

Alueellisesti on usein tarpeen tarkentaa laskettuja tulvariskiarvioita. Arvioiden tarkkuus voidaan katsoa riittäväksi tulvariskien alustavaa arviointia varten, mutta varsinkin alueilla, joilla tehdään tulvariskilain mukaista tulvariskien hallinnan suunnittelua, on suositeltavaa täydentää arvioita tarkemmilla ja paikallisilla tiedoilla esimerkiksi kaavojen osalta. Tällä menetelmällä laskettujen arvioiden lisäksi tulevaisuuden tulvariskin arvioinnin apuna voidaan pohtia seuraavia kysymyksiä:

## Kysymyksiä tulevaisuuden tulvariskin arvioinnin tueksi

### Tulvavaara

- Arvioidaanko tulvien kasvavan vai pienenevän alueella tulevaisuudessa?
- Onko tulvien ajankohdissa ennustettavissa muutoksia jotka voisivat vaikuttaa tulviin varautumiseen tai niistä aiheutuviin vahinkoihin?
- Voiko merkittävimmän tulvariskin aiheuttava tulvatyyppi muuttua tai voiko yhteistodennäköisyys lisätä tulvavaaraa?
- Onko alueella kokemusta tapahtuneista tulvista?

### Altistuminen

- Onko vesistöalueella virtaamia tasaavia järviä tai altaita?
- Sijaitseeko kohde alavalla alueella tai onko yläpuolinen uoman kaltevuus suuri?
- Onko kohde merenrannikolla, mahdollisesti lahden pohjukassa tai aaltoilulle alttiina?
- Miten yläpuolisen maankäytön ennakoidaan muuttuvan? Lisääkö valuntaa vai pidätyskykyä?
- Onko tulvariskikohteen alueella nyt tai tulevaisuudessa paljon vettä läpäisemättömiä pintoja?
- Onko vesistöalueella muita tunnistettuja tulvariskikohteita ja toteutetaanko niillä toimenpiteitä?

### Haavoittuvuus

- Onko alueella nyt tai tulevaisuudessa sairaaloita, terveyskeskuksia, vanhainkoteja yms.?
- Onko alueella nyt tai tulevaisuudessa vaarallisia aineita käsitteleviä laitoksia?
- Onko alueella nyt tai tulevaisuudessa kriittistä infrastruktuuria?
- Onko alueella nyt tai tulevaisuudessa merkittäviä määriä haavoittuvia sähkö- ja viestintäverkon osia tai voivatko alueella rakennettavat teknologiat nostaa haavoittuvuutta paljon?
- Onko alueella nyt tai tulevaisuudessa liike- ja teollisuustoimintoja, joiden katkeaminen voisi aiheuttaa välittömiä vahinkoja muilla alueilla tai toimialoilla?

### Varautuminen

- Onko alueelle suunniteltu tulvariskien hallinnan toimenpiteitä, joilla riskiä saadaan vähennettyä?
- Kuinka joustavia ja sopeutuvia toimenpiteet ovat?
- Onko alueella mahdollista toteuttaa tulevaisuudessa tulvariskiä tehokkaasti vähentäviä toimia?
- Voidaanko maankäyttöä ohjata helposti muille kuin tulevaisuuden tulvavaara-alueille?
- Onko hulevesiverkoston mitoitus riittävä tai parannettavissa?
- Voidaanko hulevesien imeyttämistä tehostaa?
- Voidaanko vahingollisten kohteiden haavoittuvuutta ehkäistä esim. korottamalla tai tilapäisin suojauksin?
- Ovatko asukkaat ja alueen toimijat tietoisia tulvariskistä?
- Onko alueella käytössä tulvavaroituspalvelu?
- Onko tärkeimmille kohteille laadittu turvallisuus- ja evakuoitus suunnitelmat?



## 6. Yhteenveto

Suomen tulvariskin ennustetaan kokonaisuutena hieman vähenevän lyhyellä aikavälillä, mutta kasvavan merkittävästi pitkällä aikavälillä. Kasvu johtuu pääosin tasaiseksi oletetusta vahinkokohteiden arvoa nostavasta talouskasvusta, mutta sitä vähentää lyhyellä aikavälillä erityisesti ilmastonmuutos. Useilla vesistöalueilla tulvavaara pienee ilmastonmuutoksen seurauksena, eikä merivedenpinnan nousu lisää rannikon alueiden tulvariskiä merkittävästi vielä lyhyellä aikavälillä. Pitkällä aikavälillä ilmastonmuutoksen ennustetaan kasvattavan tulvariskiä erityisesti merenrannikolla. Väestömuutoksen vaikutus tulvariskiin on pieni, mutta väestön ikääntymisen myötä sosiaalinen haavoittuvuus kasvaa. Suomen tulvariskin ennustetaan kaksin- tai kolminkertaistuvan vuoteen 2100 mennessä.

Tulvavaaran muutos kasvattaa tulvariskiä erityisesti rannikkoalueilla. Meritulvat yleistyvät, eikä maanpinnan kohoaminen riitä kompensoimaan merivedenpinnan nousua Suomenlahdella pitkällä aikavälillä. Vesistötulvariski-kohteilla yhtä selkeää trendiä ei ole havaittavissa, koska joillakin alueilla tulvavaaran ja väestömuutoksen vaikutukset ovat vastakkaisia kun taas toisilla alueilla ne voimistavat toisiaan ja siten kasvattavat tai vähentävät tulvariskiä huomattavasti.

Alueelliset erot kasvavat merkittävästi kaupungistumisen myötä ja pääkaupunkiseudun rannikkoalueiden osuus Suomen tulvariskistä vuonna 2100 voi olla puolet. Tulvariskin ennustetaan vähenevän Pohjois-Suomessa sekä erityisesti muuttotappioalueilla. Ikärakenteen voimakkaasta muutoksesta johtuvat sosiaalisen haavoittuvuuden erot alueittain ovat merkittäviä.

Tuloksia sovellettaessa on hyvä huomata, että ennusteet ovat pääosin alueellisia, mutta talouskasvun ennuste on valtakunnallinen. Sopeutumistoimien vaikutuksia ei ole otettu huomioon, esimerkiksi uusien rakennusten rakentamiskorkeus on sama kuin aiemman rakennuskannan. Uusien rakennuksien odotetaan myös sijoittuvan samassa suhteessa tulvavaara-alueille. Laskennassa ei ole otettu huomioon aineettomia tai välillisiä vahinkoja, esimerkiksi toimintakatkoista aiheutuvaa haittaa tai tilapäistä kärsimystä.

Tulvariskien hallinnan tukemiseksi arviot olisi hyvä päivittää 5–12 vuoden välein ja muutoin korjata arvot vastaamaan tarkasteluvuoden hintatasoa. Arviointimenetelmää voidaan, ja on tarkoitus soveltaa lähivuosina myös muille kuin merkittäville tulvariskialueille.

**Altistuminen** Ihmisten, elinkeinojen, ekosysteemien ja luonnonvarojen, infrastruktuurin tai taloudellisen, yhteiskunnallisen tai kulttuurisen pääoman sijoittuminen paikkaan jossa niille mahdollisesti aiheutuu vahinkoa tai vaaraa.

**BKT-deflaattori** Indeksi, joka poistaa hintatason muutoksen vaikutuksen bruttokansantuotetiedoista.

**Haavoittuvuus** Herkkyys potentiaalisesti vahinkoa tai vaaraa aiheuttavalle ilmiölle.

**IPCC** Hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli, Intergovernmental Panel on Climate Change.

**Ilmastonmuutos** Luonnollisista tekijöistä johtuva sekä ihmiskunnan aiheuttama ilmaston ajallinen muuttuminen.

**Ilmastoskenaario** Vaihtoehtoinen mahdollinen kehitysnäkymä tulevaisuuden ilmastosta. Ilmastoskenaario ei ole ennuste eikä sillä voida tarkasti laskea millaiseksi ilmasto muuttuu. Skenaariot perustuvat parhaisiin saatavilla oleviin arvioihin tulevaisuuden ilmastosta ja sisältävät vaihtoehtoisia oletuksia ilmastoon vaikuttavista tekijöistä mukaan lukien ihmisen toiminta.

**Jäännösriski** Jäännösriskillä tarkoitetaan niitä mahdollisia haitallisia vaikutuksia, joita ei voida tai joita ei kannata teknisistä tai taloudellisista syistä estää. Esimerkiksi tulvien osalta jäännösriski on hyväksytyyn tulvalta suojautumisen tason ulkopuolelle jäävä osa.

**Merkittävä tulvariskialue** Alue, joka tulvariskilain (620/2010) alustavan arvioinnin perusteella on tunnistettu mahdollinen merkittävä tulvariski. Merkittävälle tulvariskialueelle laaditaan tulvavaara- ja tulvariskikartta sekä tulvariskien hallintasuunnitelma.

**RCP-skenaariot** (Representative Concentration Pathways) Hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin (IPCC) viidennettä arviointiraporttia varten kokoamat tiettyihin olettamuksiin pohjautuvat ennusteet kasvihuonekaasujen pitoisuuksien mahdollisista kehityskuluista. Käytettyjä skenaarioita on neljä erilaista ja niiden lähtökohdaksi on otettu erilaiset mahdolliset säteilypakotteiden kehityskulut.

**Riski** Tapahtuman todennäköisyyden ja seurauksen yhdistelmä. Riski = Todennäköisyys x Seuraukset, jossa Seuraukset = Vaara x Haavoittuvuus.

**Resilienssi** Tietoinen ja ennakoiva kyky sopeutua ja toimia joustavasti häiriötilanteissa sekä toipua ja kehittyä niiden jälkeen (käytetään paitsi häiriötilanteisiin, niin myös laajemmin muutoksiin).

**Sopeutuminen** Ihmisen ja luonnon järjestelmien kyky toimia nykyisessä ilmastossa ja varautua tulevaan ilmastonmuutokseen ja sen seurauksiin. Sopeutumisella pyritään ehkäisemään tai lieventämään ilmaston vaihtelevuudesta ja muutoksesta aiheutuvia kielteisiä vaikutuksia ja hyötymään myönteisistä vaikutuksista. Sopeutuminen voi olla reagoimista tilanteisiin ja niitä ennakoivaa.

**SSP-skenaariot** (Shared Socioeconomic Pathways) Hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin (IPCC) viidennettä arviointiraporttia varten kokoamat sosioekonomiset skenaariot, joiden avulla pyritään tunnistamaan erilaisia haavoittuvuuden ja sopeutumisen kehityskulkuja. Käytettyjä skenaarioita on viisi.

**Taustavoima** Taustavoimat eli ajurit (driver) ovat ilmiöitä, jotka voivat muuttaa käsiteltävää prosessia, tulvariskien hallinnan osalta esimerkiksi ilmastonmuutos ja kaupungistuminen.

**Toimenpiteet** Toimenpiteillä tarkoitetaan kaikkia tulvariskien hallinnan käytäntöjä, joita toteutetaan tulvariskien vähentämiseksi.

**Toistuvuus aika, tulvan todennäköisyys** Toistuvuus aika tarkoittaa sen ajanjakson pituutta, mikä keskimäärin kuluu, ennen kuin tietyn suuruinen tai sitä suurempi tulva esiintyy uudelleen. Tulvat eivät kuitenkaan esiinny säännöllisesti. Esim. tilastollisesti kerran 250 vuodessa toistuva tulva (1/250a) tarkoittaa, että tulva koetaan todennäköisesti neljä kertaa tuhannen vuoden aikana. Vuotuinen todennäköisyys tämän suuruisen tulvan esiintymiselle on 0,4 %.

**Tulva** Tulvalla tarkoitetaan vesistön vedenpinnan noususta, merenpinnan noususta tai hulevesien kertymisestä aiheutuvaa maan tilapäistä peittymistä vedellä.

## LÄHTEET

- Airaksinen, Miimu; Seppälä, Jyri; Juhola, Sirkku; Cantell, Hannele; Järvelä, Marja et al. 2014. Ilmastopaneeli: Ilmastomuutoksen hillintä ja sopeutuminen rakennetussa ympäristössä. Ympäristötieteiden laitos. Suomen ilmastopaneelin raportteja 6/2014 . [https://tuhat.helsinki.fi/portal/fi/publications/ilmastopaneeli-ilma\(9672aa69-d58f-431f-8ac9-58438badf4aa\).html](https://tuhat.helsinki.fi/portal/fi/publications/ilmastopaneeli-ilma(9672aa69-d58f-431f-8ac9-58438badf4aa).html)
- Alho, P., Sane, M., Huokuna, M., Käyhkö, J., Lotsari, E., Lehtiö, L. 2008 (Suomen ympäristökeskus & Turun yliopisto) Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2008. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/41688>
- Arnold, J. L. 1988. The Evolution of the 1936 Flood Control Act. Office of history United States Army Corps of Engineer for Belvoir Virginia 1988. KF5588.A316A162 1988.
- Church, J.A., P.U. Clark, A. Cazenave, J.M. Gregory, S. Jevrejeva, A. Levermann, M.A.Merrifield, G.A.Milne, R.S. Nerem, P.D. Nunn, A.J. Payne, W.T. Pfeffer, D. Stammer & A.S. Unnikrishnan, 2013. Sea Level Change. Teoksessa Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (toim. T.F. Stocker ym.). Cambridge University Press: Cambridge ja New York. <http://ipcc.ch/report/ar5/wg1/>
- ELASTINEN -hanke 2016. Ennakoiva lyhyen aikavälin sää-, talous- ja ilmatoriskien hallitseminen (ELASTINEN). Hankkeessa laaditut valunta- ja virtaamaskenaariot (Veijalainen, N, ja Jakkila, J.). Lisätietoa hankkeesta: <https://ilmatieteenlaitos.fi/elastinen>
- Evans, E.P., Simm, J.D., Thorne, C.R., Arnell, N.W., Ashley, R.M., Hess, T.M., Lane, S.N., Morris, J., Nicholls, R.J., Penning-Rowsell, E.C., Reynard, N.S., Saul, A.J., Tapsell, S.M., Watkinson, A.R., Wheeler, H.S. (2008) An update of the Foresight Future Flooding 2004 qualitative risk analysis. Cabinet Office, London.
- Fronzek, Stefan; Carter, Timothy; Prittoja, Nina; Alkemade, Rob; Audsley, Eric; Bugmann, Harald; Florke, Martin; Holman, Ian P.; Honda, Yasushi; Ito, Akihiko; Janes-Bassett, Victoria; Lafond, Valentine; Leemans, Rik; Mokrech, Marc; Nunez, Sarahi; Sandars, Daniel; Snell, Rebecca; Takahashi, Kiyoshi; Tanaka, Akemi; Wimmer, Florian; Yoshikawa, Minoru. 2018. Determining sectoral and regional sensitivity to climate and socio-economic change in Europe using impact response surfaces. Regional Environmental Change. <https://doi.org/10.1007/s10113-018-1421-8>
- Haahtela. 2012. Talonrakennuksen kustannustieto. Haahtela-Kehitys Oy. ISBN 978-952-5403-20-6
- Helminen, V., Vesala, S., Rehunen, A., Strandell, A., Reimi, P., Priha, A. 2017. Ikääntyneiden asuinpaikat nyt ja tulevaisuudessa. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 20/2017. Suomen ympäristökeskus, Helsinki.
- HSY / Helsingin seudun ympäristöpalvelut. 2017. Ilmastolähtöinen sosiaalinen haavoittuvuus pääkaupunkiseudulla. Helsingin seudun ympäristöpalvelut –kuntayhtymä. Saatavissa Saatavissa: <https://www.hsy.fi/fi/asiantuntijalle/ilmastomuutos/sopeutuminen/Sivut/haavoittuvuus-ilmastonmuutokselle.aspx>
- Johansson, M. 2014. Sea level changes on the Finnish coast and their relationship to atmospheric factors. Finnish Meteorological Institute Contributions 109.
- Jonkman, S.N., Brinkhuis-Jak, M. & Kok, M. 2004. Cost benefit analysis and flood damage mitigation in the Netherlands. HERON, Vol. 49, N0. 1 (2004).
- Kahma, K., Pellikka, H. Leinonen, K., Leijala, U., Johansson, M. 2014. Pitkän aikavälin tulvariskit ja alimmat suositeltavat rakentamiskorkeudet Suomen rannikolla. Ilmatieteen laitoksen raportteja 2014:6. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/135226>
- KC, S. & Lutz, W. 2017. The human core of the shared socioeconomic pathways: Population scenarios by age, sex and level of education for all countries to 2100. Global Environmental Change 42: 181–192. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.06.004>
- KC, S., Potančoková, M., Bauer, R., Goujon, A. & Striessnig, E. 2013. Summary of Data, Assumptions and Methods for New Wittgenstein Centre for Demography and Global Human Capital (WIC) Population Projections by Age, Sex and Level of Education for 195 Countries to 2100. Interim Report IR-13-018. International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Laxenburg, Austria. <http://pure.iiasa.ac.at/10742/1/IR-13-018.pdf>
- Kask, Ö. 2015. An Analysis of Social Vulnerability to Flood Disasters in Estonia. Bachelor thesis. Delta management, Delta Academy. 2015.
- Lobanova, A., Flörke, M., Wimmer, F., Mockrech, M., Smith, A. 2018. IMPRESSIONS policy brief; Water supply and floodrisk. [www.impressions-project.eu](http://www.impressions-project.eu)
- Millenium Ecosystem Assessment (2005). Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis. World Resources Institute, Washington DC
- Moss RH, Edmonds JA, Hibbard KA, Manning MR, Rose SK, van Vuuren DP, Carter TR, Emori S, Kainuma M, Kram T. ym. 2010. The next generation of scenarios for climate change research and assessment. Nature 463:747–756 <http://dx.doi.org/10.1038/nature08823>
- Neumayer, E & Barthel, F. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2010.10.004>
- O'Leary, N. 1997. Risk Based Analysis of Beargrass Creek, Kentucky. Pp. 101-116 in Proceedings of a Hydrology and Hydraulics Workshop on Risk-Based Analysis for Flood Damage Reduction Studies. Davis, Calif.: U.S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center.
- Parjanne, A. ja Silander, J. 2012. Tulvariskien hallinnan suorien rakennussuojeluhyötyjen arvioinnin pilottitestaus Kittilässä. [Viitattu 1.7.2017, <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B54C5DF6F-EBF2-4F09-A3FF-780DCAE19C18%7D%36978>]
- Pellikka, H. 2017. Vuosittaiset arvot 2000-2100 keskivedenkorkeudelle eri todennäköisyystasoilla. Sähköposti 4.12.2017.

- Pellikka H., Leijala U., Johansson M.M., Leinonen K., Kahma K.K., 2018. Future probabilities of coastal floods in Finland. *Continental Shelf Research* 157, 32–42. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2018.02.006>
- Pielke, Jr., R. A., Gratz, J., Landsea, C. W., Collins, D., Saunders, M. A., and Musulin, R., 2008. [Normalized Hurricane Damages in the United States: 1900-2005](#). *Natural Hazards Review*, Volume 9, Issue 1, pp. 29-42.
- Perrels, A., Tuovinen, T., Veijalainen, N., Jylhä, K., Aaltonen, J., Molarius, R., Porthin, M., Silander, J., Rosqvist, T., Carter, T. & Fronzek, S. 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
- Pilli-Sihvola K., Haavisto R., Nurmi V., Oljemark K., Tuomenvirta H., Juhola S., Groundström F., Miettinen I. & Gregow H. 2016. Taloudellisesti tehokkaampaa sää- ja ilmastoriskien hallintaa Suomessa. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 45/2016. Valtioneuvoston kanslia, 2.12.2016. <http://tietokayttoon.fi/julkaisu?pubid=15404>
- Rehunen, A., Reissell, E., Honkatukia, J., Tiitu, M. & Pekurinen, M. 2016. Sosiaali- ja terveyspalvelujen tarpeen, käytön ja tuottamisen alueelliset muutokset ja tulevaisuuden vaihtoehdot. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 41/2016.
- Rissanen, R., Rehunen, A., Kalenoja, H., Ahonen, O., Mäkelä, T., Rantala, J. & Pöllänen, M. 2013. Suomen aluerakenteen ja liikennejärjestelmän kehityskuvan pohjustus. Ympäristöministeriö, Helsinki. 201 s.
- Ruosteenoja, K., Jylhä, K. & Kämäräinen, M. 2016. Climate projections for Finland under the RCP forcing scenarios. *Geophysica*, Volume 51, Issue 1: 17–50.
- Rytkönen, A-M., Marttunen, M., Kurkela, A., Karjalainen, N., Alaraudanjoki, T. 2014. Kemijoen tulvariskien hallinnan monitavoitearviointi. Toimenpiteiden arvioinnin toteutus ja tulokset. 24.6.2014. Suomen ympäristökeskus, Lapin ELY-keskus. [Viitattu 26.6.2017, <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BC6B941C2-2D82-4201-8EB5-065187569503%7D/107159>]
- Saari, M. 2013. Maahanmuuttajakeskittymiä on muuallakin kuin pääkaupunkiseudulla. Hyvinvointikatsaus 3/2013. Tilastokeskus. [http://www.stat.fi/artikkelit/2013/art\\_2013-09-23\\_008.html?s=0](http://www.stat.fi/artikkelit/2013/art_2013-09-23_008.html?s=0) [viitattu: 1.9.2017]
- Sane M., Alho P., Huokuna M., Käyhkö J. ja Selin M. 2006. Opas yleispiirteisen tulvavaarakartoituksen laatimiseen. Suomen ympäristökeskus. Luonto ja luonnonvarat, Ympäristö-opas 127. <http://hdl.handle.net/10138/41018>
- Sayers and Partners LLP. 2015. *Climate Change Risk Assessment 2017: Projections of future flood risk in the UK*. 2015.
- Sayers P., Horritt, M., Penning-Rowsell, E., McKenzie, A., Thompson D. 2016. The analysis of future flood risk in the UK using the Future Flood Explorer. E3S Web Conf. Volume 7, 2016, 3rd European Conference on Flood Risk Management (FLOODrisk 2016). 9 s. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20160721005>
- Silander, J. 2010. Tulvavesien pidättämisen taloudellinen merkitys tulvariskialueelle – Esimerkkialueena on Porin-tulva-alue. Henkilököhtäinen kehittämishanke. Suomen ympäristökeskus, Helsinki 26.8.2019. [Julkaisematon, viitattu 1.1.2017].
- Silander, J. ja Parjanne, A. 2013. Tulvariskien euromääräisten vahinkojen ja niiden hallinnan hyötyjen arviointi. [Viitattu 1.7.2017, <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BB1F1E04F-62DE-4DF5-81B7-098102C62120%7D/37016>]
- Silander, J., Vehviläinen, B., Niemi, J., Arosilta, A., Dubrovin, T., Jormola, J., Keskiarja, V., Keto, A., Lepistö, A., Mäkinen, R., Ollila, M., Pajula, H., Pitkänen, H., Sammalkorpi, I., Suomalainen, M. & Veijalainen, N. 2006. Climate change adaptation for hydrology and water resources. FINADAPT Working Paper 6, Finnish Environment Institute Mimeographs 336, Helsinki, 52 s. ISBN 952-11- 2108-4. Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/41044>
- SYKE, Väestöliitto, ETLA, Oxford Research (2017). Yksin osana elinkaarta (YSI) -hanke. Valtioneuvoston kanslia, Helsinki.
- Tiitu, M., Helminen, V., Järvenpää, E., Härmä, P., Hatunen, S., Rehunen, A. 2015. Rakennetun alueen pinta-alan ennakointi - Paikkatietoaineistojen ja -menetelmien hyödyntäminen rakennetun alueen muutosten laskennassa. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 28/2015. Suomen ympäristökeskus, Helsinki.
- Tilastokeskus 2015. Suomen virallinen tilasto (SVT): Väestöennuste [verkkojulkaisu]. ISSN=1798-5137. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 23.8.2017]. Saantitapa: <http://www.stat.fi/til/vaenn/2015/index.html>
- Vainio, T. 2016. Asuntotuotantotarve 2015–2040. VTT Technology 247. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy, Espoo.
- Vehviläinen B., Huttunen M. & Huttunen I. 2005. Hydrological forecasting and real time monitoring in Finland: The watershed simulation and forecasting system (WSFS). In Innovation, Advances and Implementation of Flood Forecasting Technology, conference papers, Tromsø, Norway, 17 to 19 October 2005. ISBN Book 1-898485-13-5.
- Veijalainen, N. & Vehviläinen, B. 2008. Ilmastonmuutos ja patoturvallisuus – Vaikutus mitoitustulviin. Suomen ympäristö 21/2008. Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/38377>
- Veijalainen, N., Jakkila, J., Nurmi, T., Vehviläinen, B., Marttunen, M., Aaltonen, J. 2012. Suomen vesivarat ja ilmastonmuutos – vaikutukset ja muutoksiin sopeutuminen. WaterAdapt-projektin loppuraportti. Suomen ympäristö 16/2012. Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/38789>

## 7. Liitteet

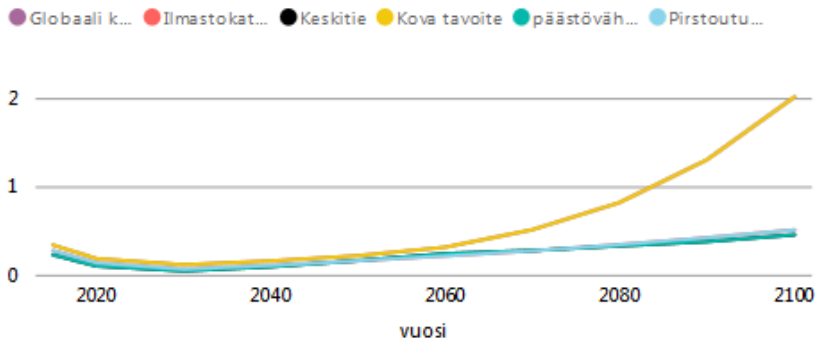
### LIITE 1. TULEVAISUUDEN TULVARISKIKORTIT

Alavieska-Ylivieska	s. 52
Haminan ja Kotkan rannikkoalue	s. 53
Helsingin ja Espoon rannikkoalue	s. 54
Huittinen	s. 55
Ilmajoki-Seinäjoki	s. 56
Ivalon taajama	s. 57
Kemijärven keskusta	s. 58
Kemin rannikkoalue	s. 59
Kittilän kirkonkylä	s. 60
Kymijoen alaosa	s. 61
Laihia-Runsor	s. 62
Lapua	s. 63
Lapväärtin taajama	s. 64
Loviisan rannikkoalue	s. 65
Pori	s. 66
Pudasjärven keskusta	s. 67
Pyhäjoen alaosa	s. 68
Riihimäen keskusta	s. 69
Rovaniemi	s. 70
Tornio	s. 71
Turun rannikkoalue	s. 72
Ylistaro-Vähäkyrö-Koivulahti	s. 73

## Tulvariskikortti

Alavieska-Ylivieska

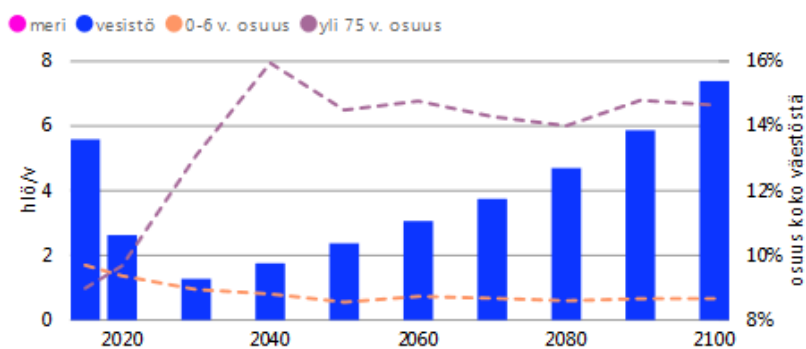
### Vuosivahingon odotusarvo (milj. €/vuosi)



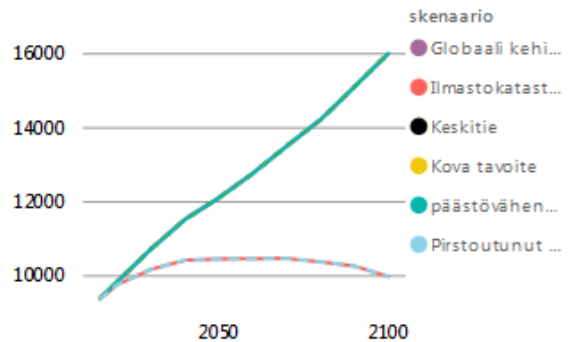
### Vuosivahingon odotusarvon muutos suhteessa vuoteen 2015 (%)

skenaario	2015	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Globaali kehitys	0	-44	-64	-52	-35	-7	50	140	279	484
Ilmastokatastrofi	0	-49	-74	-59	-40	-21	-1	24	52	84
Keskittie	0	-54	-77	-58	-28	5	20	42	62	95
Kova tavoite	0	-44	-64	-52	-35	-7	50	140	279	484
päästövähennykset ensin	0	-54	-77	-58	-28	5	20	42	62	95
Pirstoutunut sopeutuminen	0	-49	-74	-59	-40	-21	-1	24	52	84

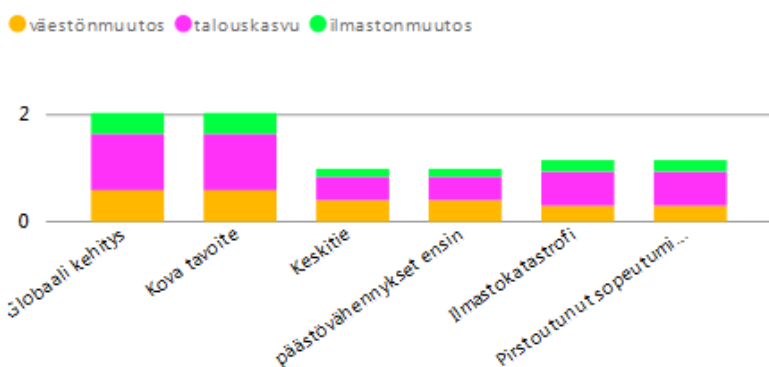
### Tulvalle altistuvien asukkaiden vuosittainen odotusarvo ja haavoittuvien ryhmien osuus



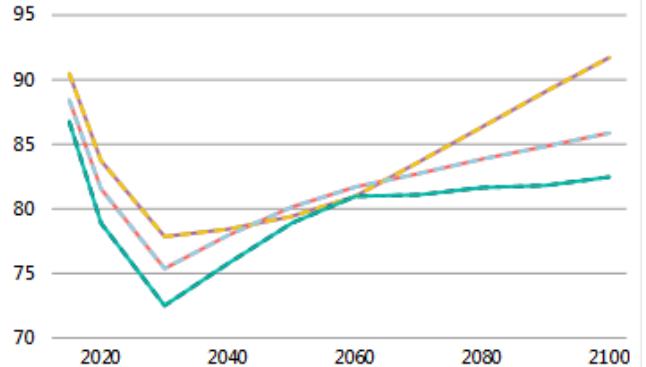
### Koko merkittävän alueen asukasmäärä (hlö)



### Tulvariskiinkin vaikuttavat tekijät eri skenaarioilla v. 2100 (milj.€/v)



### Tulvavaaran muutos (keskiylivirtaama, m³/s)



### Miten tulvariski muuttuu?

Tulvariskin arvioidaan pysyvän pienenä. Riski kasvaa vuoden 2050 jälkeen suhteessa vertailuvuoteen, erityisesti kahdella kovimmalla skenaariolla.

### Mikä on suurin riskitekijä?

Suurin riskitekijä on talouskasvu. Myös väestönmuutos, erityisesti ikääntyneiden määrän kasvu, pitää ottaa huomioon. Keskiylivirtaamien arvioidaan ensin vähenevän ja sitten palaavan noin nykyiselle tasolle.

### Milloin on paras aika toimia?

Tulvariskin arvioidaan ensin hieman vähenevän ja alkavan kasvaa n. 2050 alkaen. Erityisesti rakentamisen ja ikääntymisen riskeihin pitää varautua jo sitä ennen.

### Miten riskeihin tulisi varautua?

Tehokkain tapa varautua on pitää uusi rakennuskanta pois tulvavaara-alueilta.

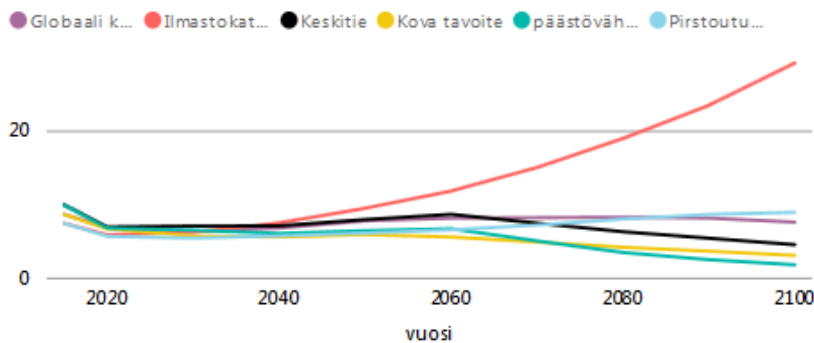
### Epävarmuudet?

Eniten epävarmuutta tuloksiin aiheuttaa talouskasvun epävarmuus sekä vesistötulvariskin mallintaminen keskiylivirtaamien muutosten perusteella. Samoin oletus, että tulevaisuudessa tulvavaara-alueen ja koko alueen asukasmäärät kasvavat samassa suhteessa kuin nykyisin, vaikka osa alueesta on tulvasuojeltua.

## Tulvariskikortti

### Haminan ja Kotkan rannikkoalue

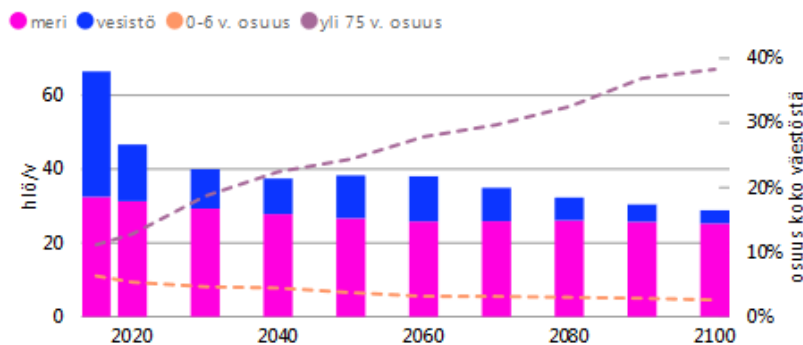
#### Vuosivahingon odotusarvo (milj. €/vuosi)



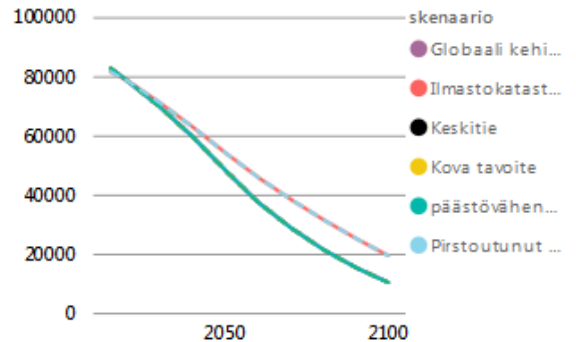
#### Vuosivahingon odotusarvon muutos suhteessa vuoteen 2015 (%)

skenaario	2015	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Globaali kehitys	0	-21	-27	-21	-10	-6	-5	-4	-6	-12
Ilmastokatastrofi	0	-21	-16	1	27	58	101	154	214	291
Keskittie	0	-30	-29	-29	-20	-13	-25	-37	-45	-54
Kova tavoite	0	-23	-34	-35	-32	-35	-43	-51	-58	-64
päästövähennykset ensin	0	-32	-34	-39	-35	-33	-49	-65	-75	-81
Pirstoutunut sopeutuminen	0	-24	-27	-23	-18	-12	-3	8	16	20

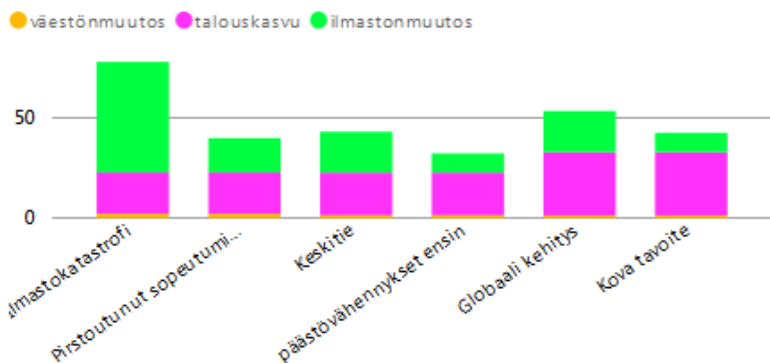
#### Tulvalle altistuvien asukkaiden vuosittainen odotusarvo ja haavoittuvien ryhmien osuus



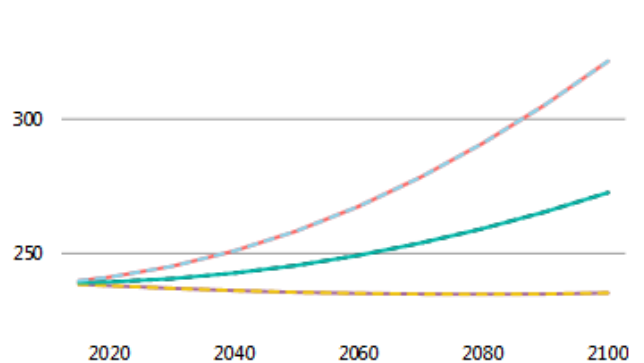
#### Koko merkittävän alueen asukasmäärä (hlö)



#### Tulvarisktiin vaikuttavat tekijät eri skenaarioilla v. 2100 (milj.€/v)



#### Tulvavaaran muutos (1/100a meritulvan vedenkorkeus cm N2000)



### Miten tulvariski muuttuu?

Tulvariskin arvioidaan pysyvän suurena. Riski pysyy nykyisellä tasolla, mutta ilmastokatastrofi -skenaariolla riski alkaisi kasvaa jo vuoden 2040 jälkeen reilummin. Muilla skenaarioilla riski voisi hieman pienentyä vuosisadan lopulla. Hamina-Kotka pysynee kuitenkin yhtenä riskeiltään suurimmista tulvariskialueista.

### Mikä on suurin riskitekijä?

Suurimmat riskitekijät ovat meriveden pinnan nousu yhdistettynä talouskasvuun. Myös mahdollinen rantarakentaminen voi lisätä vahinkopotentiaalia.

### Milloin on paras aika toimia?

Tulvariskin arvioidaan pysyvän noin nykyisellään. Koska riski on nykyisellään suuri, kannattaisi riskejä pyrkiä vähentämään pian, jolloin sopeutumis- ja suojaustoimien hyötyjen vaikutus voidaan maksimoida.

### Miten riskeihin tulisi varautua?

Tehokkain tapa varautua on vähentää alueen nykyistä riskipotentiaalia, varautua meriveden nousuun sekä ottaa huomioon ikääntyvien asukkaiden osuuden kasvu.

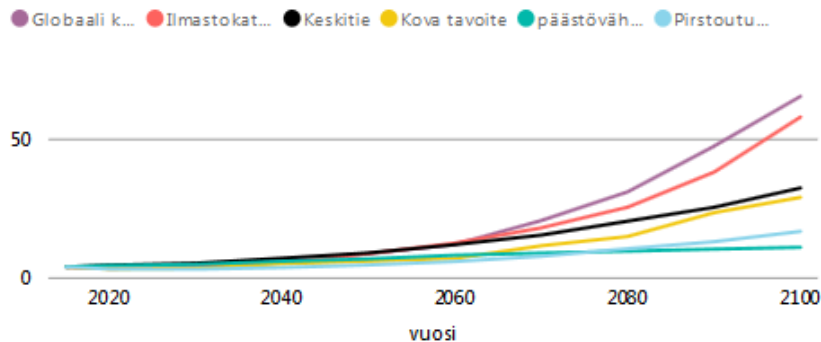
### Epävarmuudet?

Eniten epävarmuutta tuloksiin aiheuttaa merivesiskenaarioiden sovitukset ja talouskasvun epävarmuus. Samoin vesistötulvariskin laskeminen mukaan jopa kaksinkertaistaa taloudelliset riskiarviot. Eniten vaikutusta tällä on vuosisadan alussa ja pahimmilla skenaarioilla. Myös koko alueen väestökehityksen tarkastelu yhtenä kokonaisuutena vaikuttaa väestöskenaarioihin.

## Tulvariskikortti

Helsingin ja Espoon rannikkoalue

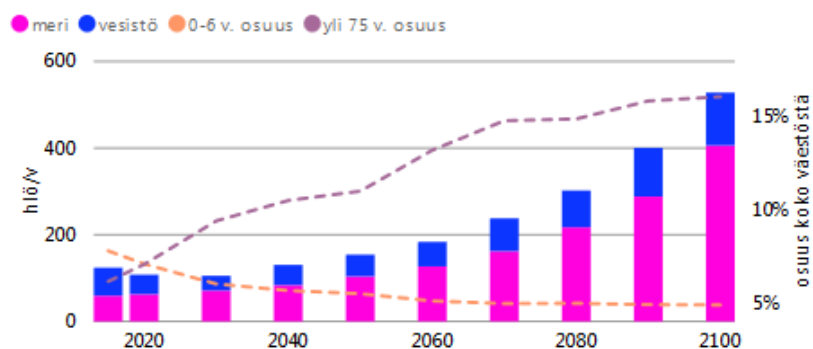
### Vuosivahingon odotusarvo (milj. €/vuosi)



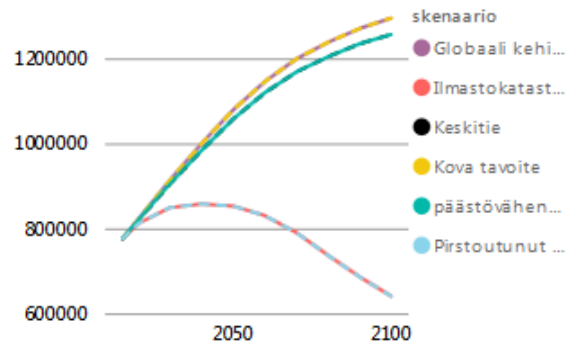
### Vuosivahingon odotusarvon muutos suhteessa vuoteen 2015 (%)

skenaario	2015	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Globaali kehitys	0	-15	-1	60	118	200	413	669	1076	1520
Ilmastokatastrofi	0	-16	-6	36	117	212	347	532	845	1336
Keskittie	0	15	33	77	124	198	283	407	531	703
Kova tavoite	0	-18	-14	28	52	75	188	271	483	619
päästövähennykset ensin	0	12	21	50	71	104	123	140	158	174
Pirstoutunut sopeutuminen	0	-19	-22	-6	16	48	94	162	224	316

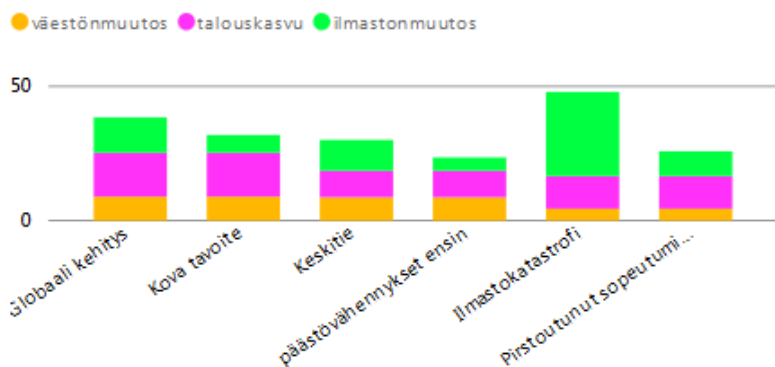
### Tulvalle altistuvien asukkaiden vuosittainen odotusarvo ja haavoittuvien ryhmien osuus



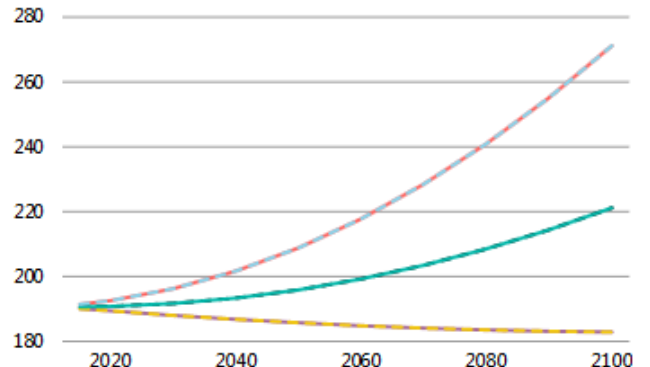
### Koko merkittävän alueen asukasmäärä (hlö)



### Tulvariskiinkin vaikuttavat tekijät eri skenaarioilla v. 2100 (milj.€/v)



### Tulvavaaran muutos (1/100a meritulvan vedenkorkeus cm N2000)



### Miten tulvariski muuttuu?

Tulvariskin arvioidaan kasvavan skenaariosta riippumatta, aluksi maltillisesti mutta n. 2050 jälkeen reilummin. Helsinki-Espoo pysyy riskeiltään merkittävimpänä tulvariskialueena.

### Mikä on suurin riskitekijä?

Suurimmat riskitekijät ovat meriveden pinnan nousu yhdistettynä mahdolliseen uuden asutuksen keskittymiseen rannikolle. Myös talouskasvu ja runsas rakentaminen lisäävät vahinkopotentiaalia.

### Milloin on paras aika toimia?

Tulvariskin arvioidaan lähtevän merkittävään kasvuun n. 2050. Riskeihin pitää varautua jo sitä ennen.

### Miten riskeihin tulisi varautua?

Tehokkain tapa varautua on tulevaisuuden tulvat huomioon ottava alueiden käytön suunnittelu.

### Epävarmuudet?

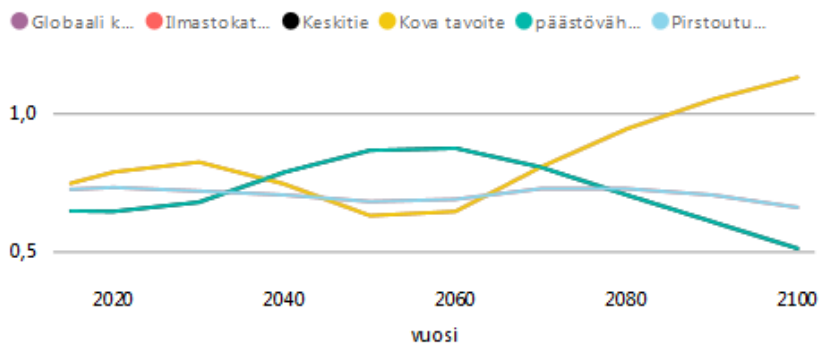
Eniten epävarmuutta tuloksiin aiheuttaa merivesiskenaarioiden sovitukset ja talouskasvun epävarmuus. Samoin vesistötulvariskin laskeminen mukaan jopa kaksinkertaistaa taloudelliset riskiarviot. Eniten vaikutusta tällä on vuosisadan alussa ja pahimmilla skenaarioilla. Epävarmuutta aiheuttaa myös oletus, että tulevaisuudessa tulvavaara-alueen ja koko alueen asukasmäärät kasvavat samassa suhteessa kuin nykyisin.



## Tulvariskikortti

Huittinen

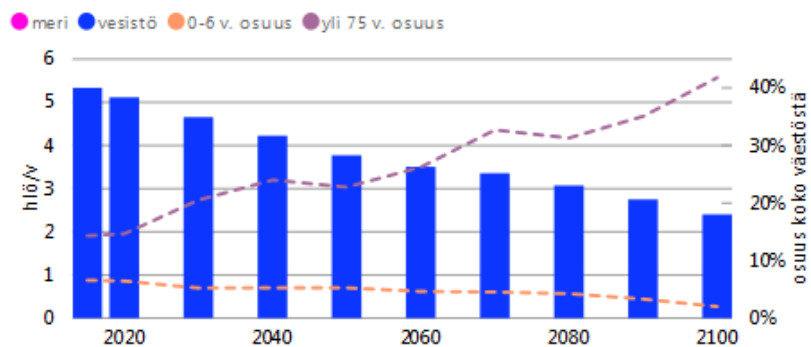
### Vuosivahingon odotusarvo (milj. €/vuosi)



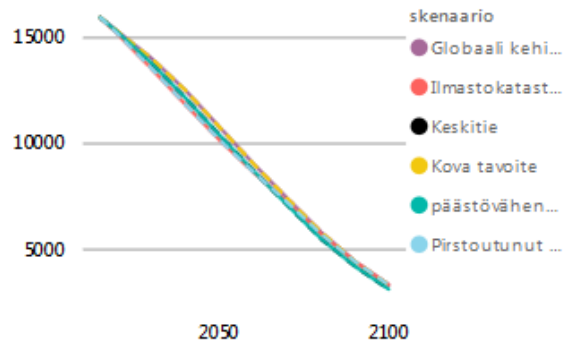
### Vuosivahingon odotusarvon muutos suhteessa vuoteen 2015 (%)

skenaario	2015	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Globaali kehitys	0	5	10	0	-16	-14	8	26	40	51
Ilmastokatastrofi	0	1	-1	-3	-6	-5	0	0	-3	-9
Keskitie	0	0	5	22	34	35	24	9	-6	-21
Kova tavoite	0	5	10	0	-16	-14	8	26	40	51
päästövähennykset ensin	0	0	5	22	34	35	24	9	-6	-21
Pirstoutunut sopeutuminen	0	1	-1	-3	-6	-5	0	0	-3	-9

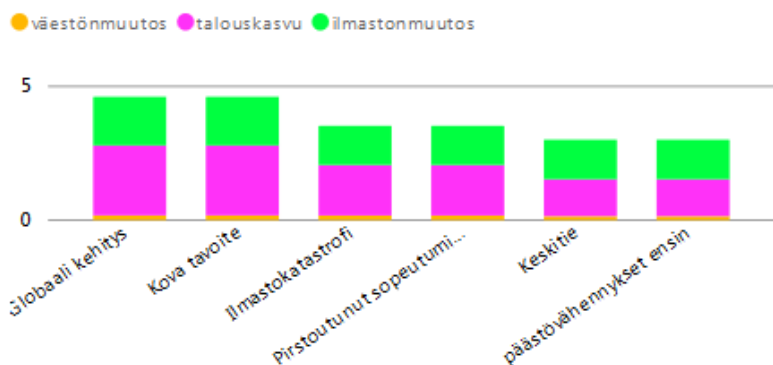
### Tulvalle altistuvien asukkaiden vuosittainen odotusarvo ja haavoittuvien ryhmien osuus



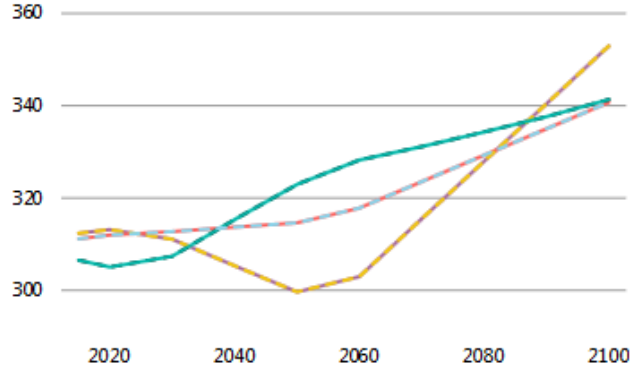
### Koko merkittävän alueen asukasmäärä (hlö)



### Tulvariskiä vaikuttavat tekijät eri skenaarioilla v. 2100 (milj.€/v)



### Tulvavaaran muutos (keskiylivirtaama, m³/s)



### Miten tulvariski muuttuu?

Tulvariskin arvioidaan pysyvän noin nykyisellään, mutta skenaarioiden väliset erot ovat melko suuria ja erisuuntaisia. Millään skenaariolla riskin ei ennakoita kasvavan merkittävästi nykyisestä.

### Mikä on suurin riskitekijä?

Suurimmat riskitekijät ovat talouskasvu ja ilmastonmuutos. Maksimivirtaamien kasvu ja tulvien vuodenaikavaihtelu voivat lisätä kokonaisriskiä vaikka asukasmäärän ennakoitaan vähenevän.

### Milloin on paras aika toimia?

Tulvariskin arvioidaan pysyvän nykyisellään, johtuen lähinnä ennakoidusta väestömäärän laskusta. Alueen väestö- ja virtaamaennusteita olisi hyvä arvioida uudelleen jonkin ajan päästä, ja pohtia varautumistarvetta uusien skenaarioiden perusteella.

### Miten riskeihin tulisi varautua?

Tehokkain tapa lienee varautua nykyisiin tulvariskeihin kuten tähän asti ja päivittää tulevaisuuden tulvariskiarviot tilanteen mukaan.

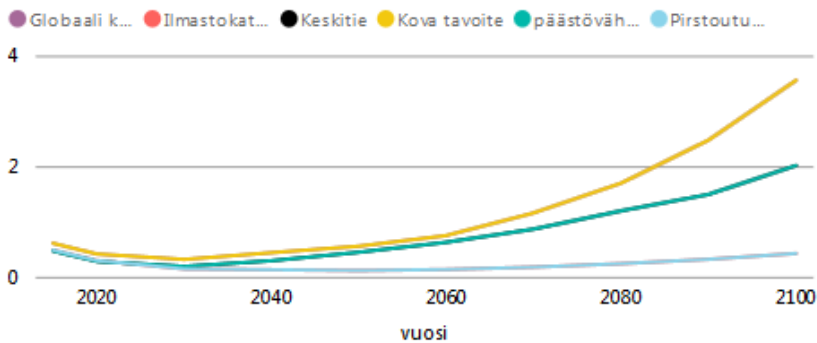
### Epävarmuudet?

Eniten epävarmuutta tuloksiin aiheuttaa talouskasvun epävarmuus, ilmastonmuutos ja tulvien vuodenaikavaihtelun jättäminen tarkastelematta. Ilmastonmuutoksen osalta virtaamaskenaarioissa on selviä eroja vuosisadan puolivälin tietämillä.

## Tulvariskikortti

Ilmajoki-Seinäjoki

### Vuosivahingon odotusarvo (milj. €/vuosi)



### Vuosivahingon odotusarvon muutos suhteessa vuoteen 2015 (%)

skenaario	2015	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Globaali kehitys	0	-31	-47	-27	-8	23	88	175	300	473
Ilmastokatastrofi	0	-38	-68	-71	-74	-70	-62	-49	-33	-12
Keskittie	0	-39	-58	-36	-5	32	82	150	211	319
Kova tavoite	0	-31	-47	-27	-8	23	88	175	300	473
päästövähennykset ensin	0	-39	-58	-36	-5	32	82	150	211	319
Pirstoutunut sopeutuminen	0	-38	-68	-71	-74	-70	-62	-49	-33	-12

### Miten tulvariski muuttuu?

Tulvariskin arvioidaan kasvavan tai pysyvän nykyisellään skenaariosta riippuen. Aluksi riskin arvioidaan hieman vähenevän, mutta lähtevän kasvuun jo vuoden 2030 jälkeen suurimmalla osalla skenaarioista. Keskiskenaariolla riski pysyisi kuitenkin nykyisellään.

### Mikä on suurin riskitekijä?

Suurimmat riskitekijät ovat talouskasvu ja väestönkasvu. Koko alueen asukasmäärän kasvaessa runsaasti, voi tulvavaara-alueelle rakentaminen lisätä riskiä.

### Milloin on paras aika toimia?

Tulvariskin arvioidaan ensin hieman laskevan ja lähtevän kasvuun n. 2030 suurimmalla osalla skenaarioista. Viimeistään tuolloin olisi hyvä aika arvioida tulevaisuuden riskejä. Riskeihin kannattaa varautua kuitenkin jo nyt maankäytön suunnittelulla.

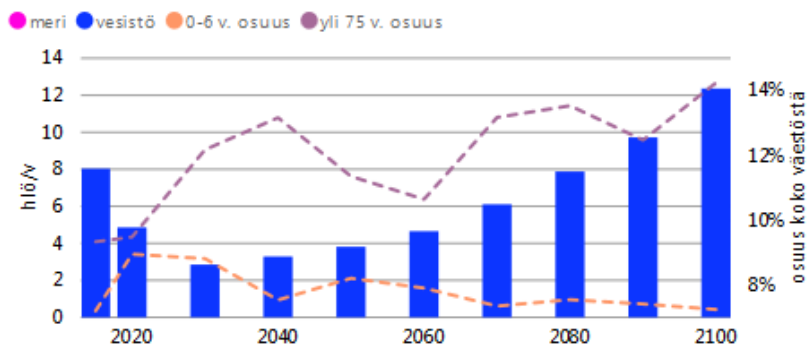
### Miten riskeihin tulisi varautua?

Tehokkain tapa varautua on tulevaisuuden tulvavaaran huomioon ottava alueiden käytön suunnittelu.

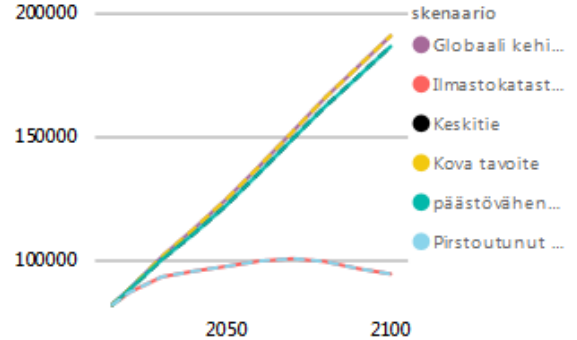
### Epävarmuudet?

Eniten epävarmuutta tuloksiin aiheuttaa ilmastonmuutoksen vaikutusten mallintaminen vuotuisen tulvan perusteella sekä talouskasvun epävarmuus. Samoin oletus, että tulevaisuudessa tulvavaara-alueen ja koko alueen asukasmäärät kasvavat samassa suhteessa kuin nykyisin.

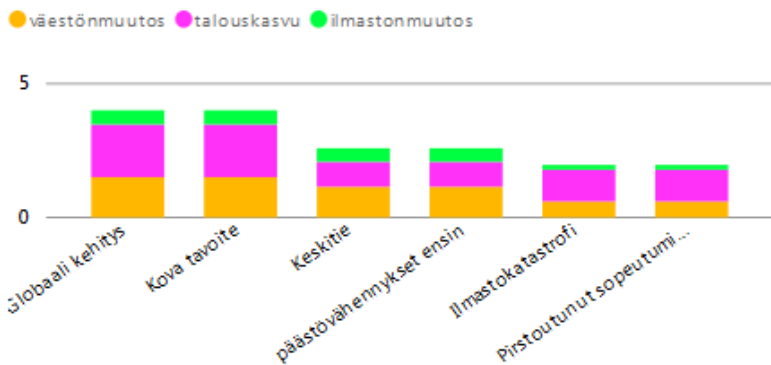
### Tulvalle altistuvien asukkaiden vuosittainen odotusarvo ja haavoittuvien ryhmien osuus



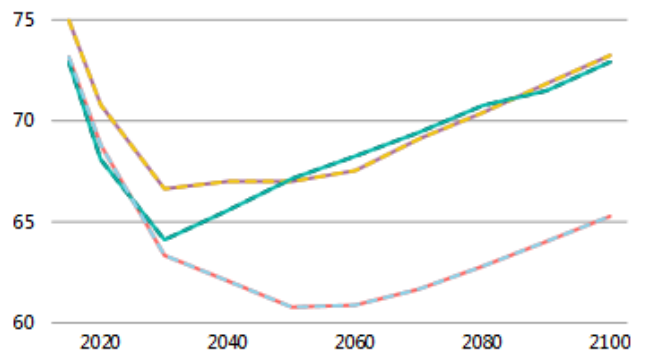
### Koko merkittävän alueen asukasmäärä (hlö)



### Tulvariskiin vaikuttavat tekijät eri skenaarioilla v. 2100 (milj.€/v)



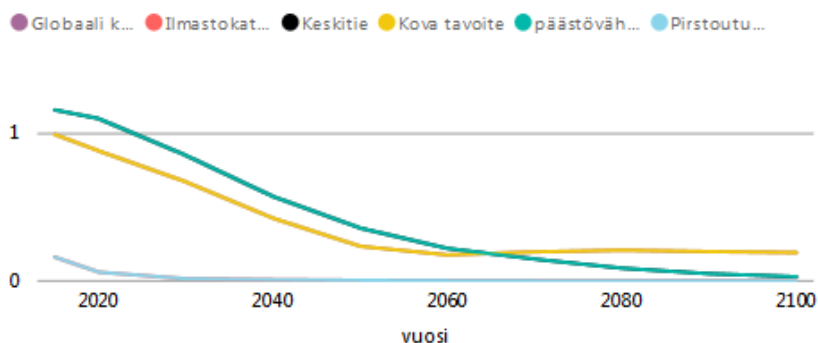
### Tulvavaaran muutos (keskiylivirtaama, m³/s)



## Tulvariskikortti

Ivalon taajama

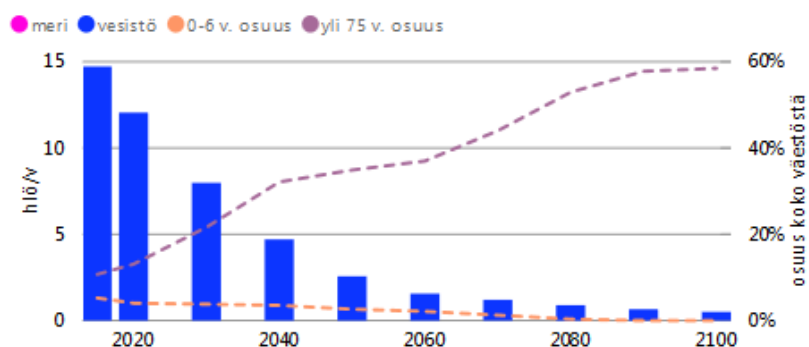
### Vuosivahingon odotusarvo (milj. €/vuosi)



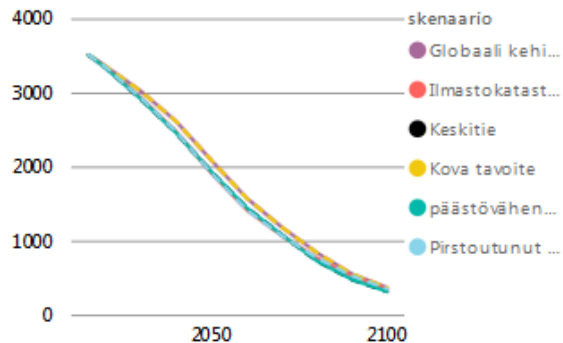
### Vuosivahingon odotusarvon muutos suhteessa vuoteen 2015 (%)

skenaario	2015	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Globaali kehitys	0	-11	-32	-57	-76	-82	-80	-79	-80	-81
Ilmastokatastrofi	0	-63	-91	-94	-97	-98	-99	-100	-100	-100
Keskittie	0	-5	-27	-51	-69	-81	-87	-93	-96	-98
Kova tavoite	0	-11	-32	-57	-76	-82	-80	-79	-80	-81
päästövähennykset ensin	0	-5	-27	-51	-69	-81	-87	-93	-96	-98
Pirstoutunut sopeutuminen	0	-63	-91	-94	-97	-98	-99	-100	-100	-100

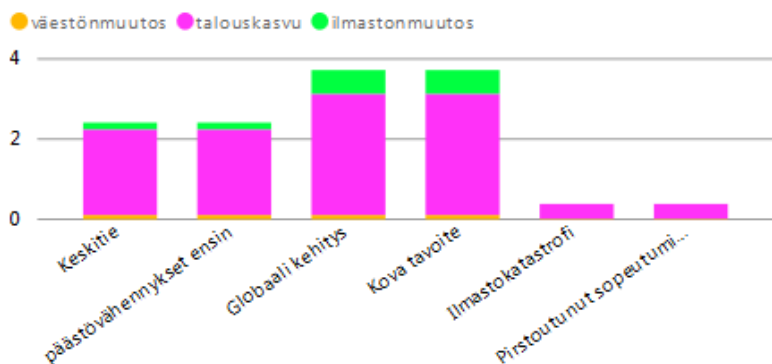
### Tulvalle altistuvien asukkaiden vuosittainen odotusarvo ja haavoittuvien ryhmien osuus



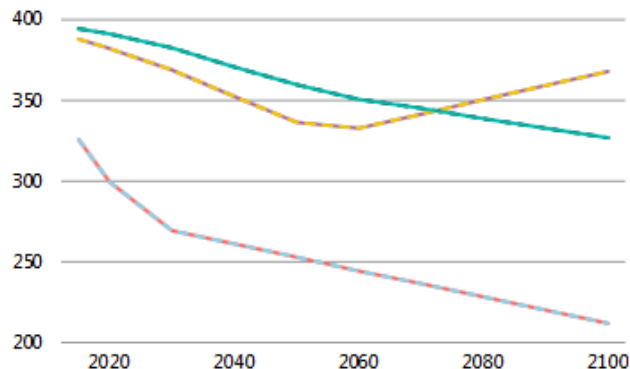
### Koko merkittävän alueen asukasmäärä (hlö)



### Tulvariskin vaikuttavat tekijät eri skenaarioilla v. 2100 (milj.€/v)



### Tulvavaaran muutos (keskiylivirtaama, m³/s)



### Miten tulvariski muuttuu?

Tulvariskin arvioidaan laskevan skenaariosta riippumatta. Riski vähenee melko selvästi jo vuosisadan puoliväliin mennessä.

### Mikä on suurin riskitekijä?

Ikääntyneiden osuuden kasvu lisää haavoittuvuutta. Mahdolliset talouskasvuun ja aluekehitykseen vaikuttavat ennakoimattomat muutokset voivat muuttaa riskiarvioita paljonkin.

### Milloin on paras aika toimia?

Taloudellisen ja väestöön kohdistuvan tulvariskin arvioidaan vähenevän kaikilla skenaarioilla. Tulvariskien hallintaa kannattaa jatkaa kuten nykyään ja tarvittaessa arvioida tulevaisuuden riskiä uudelleen.

### Miten riskeihin tulisi varautua?

Tehokkain tapa varautua on jatkaa nykyisellä tulvariskien hallinnan tasolla ja huolehtia olemassa olevien tulvasuojauksien kunnosta.

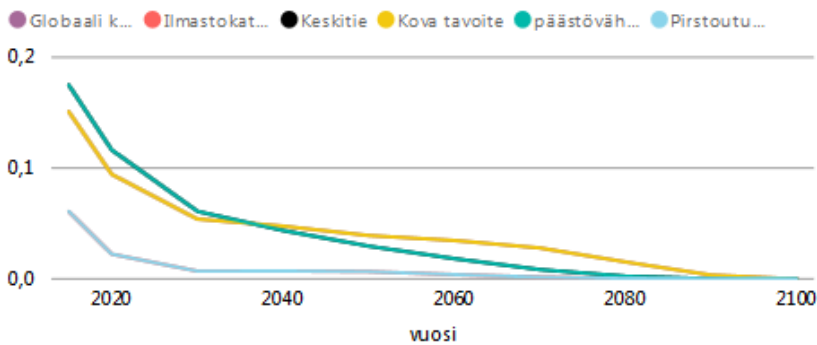
### Epävarmuudet?

Eniten epävarmuutta tuloksiin aiheuttaa ilmastonmuutoksen vaikutusten mallintaminen vuotuisen tulvan perusteella sekä talouskasvun epävarmuus. Myös mahdollinen ennakoimaton alueellinen kehitys voi vaikuttaa arvioihin paljonkin.

## Tulvariskikortti

Kemijärven keskusta

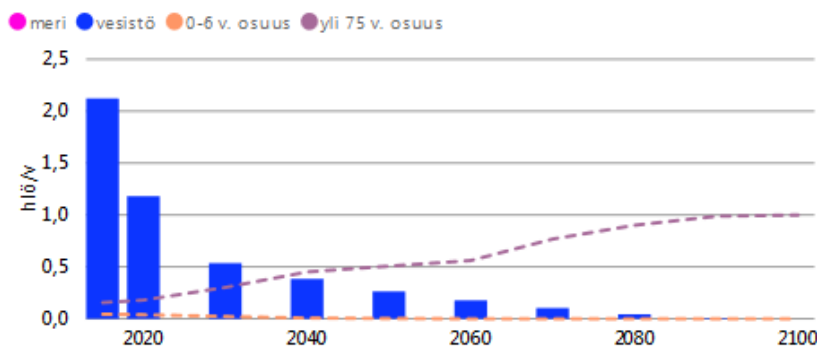
### Vuosivahingon odotusarvo (milj. €/vuosi)



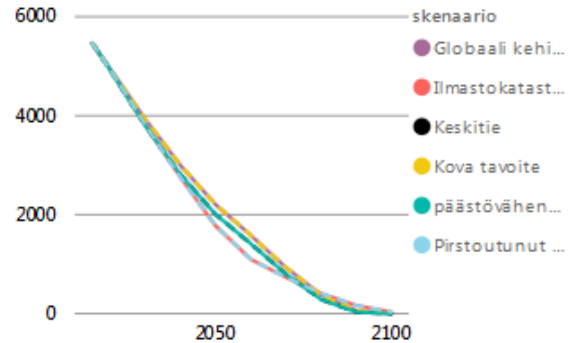
### Vuosivahingon odotusarvon muutos suhteessa vuoteen 2015 (%)

skenaario	2015	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Globaali kehitys	0	-37	-64	-68	-74	-77	-82	-90	-98	-100
Ilmastokatastrofi	0	-63	-89	-88	-89	-94	-97	-99	-100	-100
Keskitie	0	-33	-65	-75	-83	-90	-95	-99	-100	-100
Kova tavoite	0	-37	-64	-68	-74	-77	-82	-90	-98	-100
päästövähennykset ensin	0	-33	-65	-75	-83	-90	-95	-99	-100	-100
Pirstoutunut sopeutuminen	0	-63	-89	-88	-89	-94	-97	-99	-100	-100

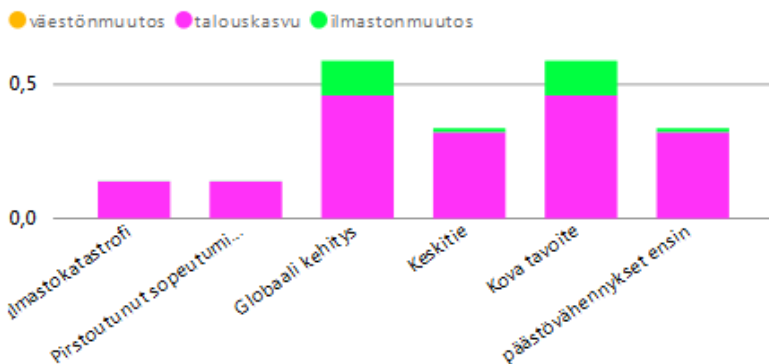
### Tulvalle altistuvien asukkaiden vuosittainen odotusarvo ja haavoittuvien ryhmien osuus



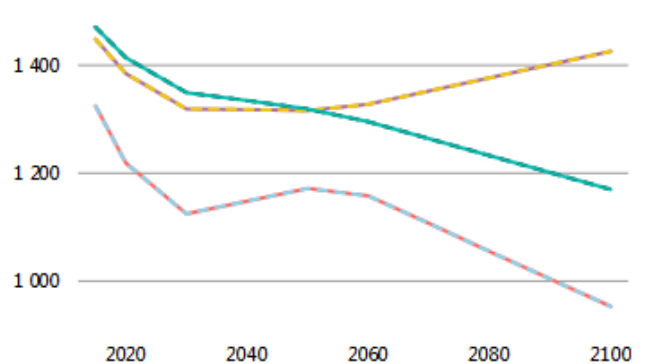
### Koko merkittävän alueen asukasmäärä (hlö)



### Tulvarisktiin vaikuttavat tekijät eri skenaarioilla v. 2100 (milj.€/v)



### Tulvavaaran muutos (keskiylivirtaama, m<sup>3</sup>/s)



### Miten tulvariski muuttuu?

Tulvariskin arvioidaan laskevan skenaariosta riippumatta. Riski vähenee melko selvästi jo ennen vuosisadan puoliväliä.

### Mikä on suurin riskitekijä?

Ikäntyneiden osuuden kasvu lisää haavoittuvuutta.

### Milloin on paras aika toimia?

Taloudellisen ja väestöön kohdistuvan tulvariskin arvioidaan vähenevän kaikilla skenaarioilla. Tulvariskien hallintaa kannattaa jatkaa kuten nykyään ja tarvittaessa arvioida tulevaisuuden riskiä uudelleen.

### Miten riskeihin tulisi varautua?

Tehokkain tapa varautua on jatkaa nykyisellä tulvariskien hallinnan tasolla.

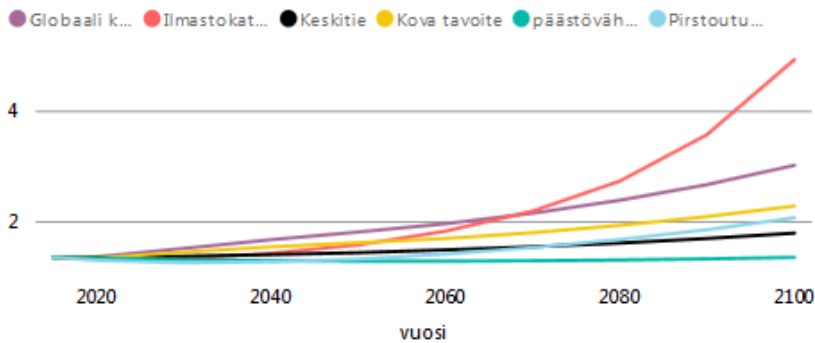
### Epävarmuudet?

Eniten epävarmuutta tuloksiin aiheuttaa ilmastonmuutoksen vaikutusten mallintaminen vuotuisen tulvan perusteella sekä talouskasvun epävarmuus. Myös mahdollinen ennakoimaton alueellinen kehitys voi vaikuttaa arvioihin paljonkin.

## Tulvariskortti

Kemin rannikkoalue

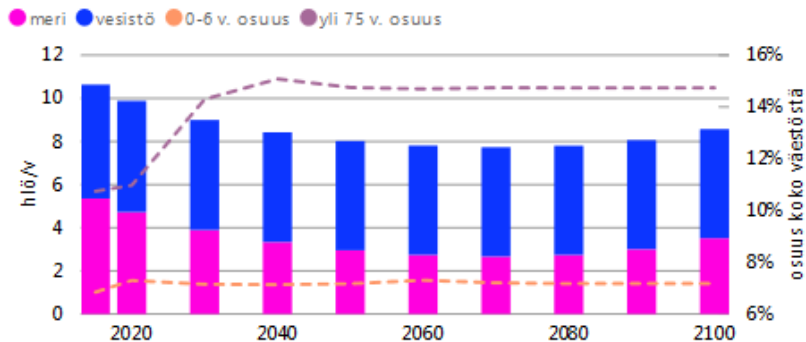
### Vuosivahingon odotusarvo (milj. €/vuosi)



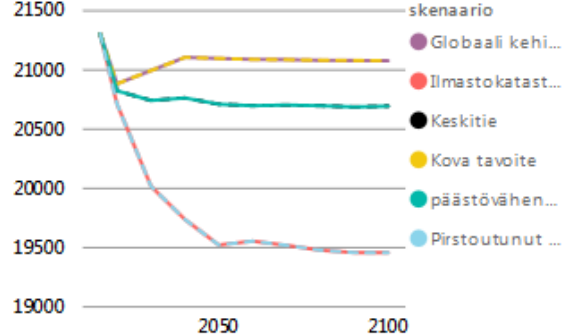
### Vuosivahingon odotusarvon muutos suhteessa vuoteen 2015 (%)

skenaario	2015	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Globaali kehitys	0	1	12	24	34	45	59	76	97	123
Ilmastokatastrofi	0	-2	-1	5	17	35	62	102	164	264
Keskite	0	1	2	4	6	10	14	19	25	32
Kova tavoite	0	-1	7	14	20	25	33	43	54	69
päästövähennykset ensin	0	-1	-3	-4	-5	-5	-4	-3	-2	0
Pirstoutunut sopeutuminen	0	-4	-7	-6	-2	5	13	24	37	53

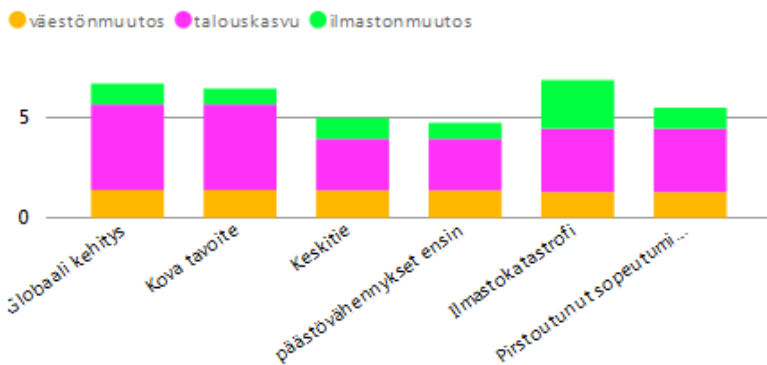
### Tulvalle altistuvien asukkaiden vuosittainen odotusarvo ja haavoittuvien ryhmien osuus



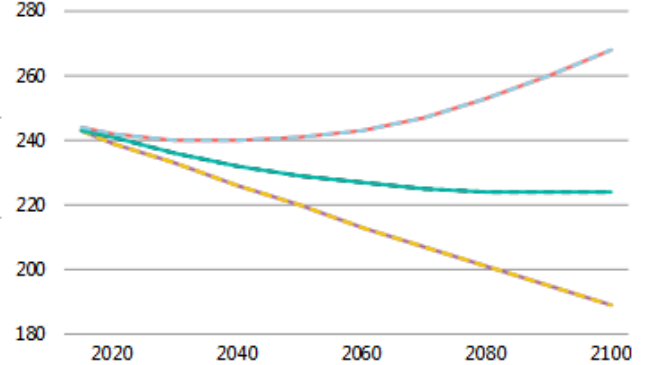
### Koko merkittävän alueen asukasmäärä (hlö)



### Tulvariskiäin vaikuttavat tekijät eri skenaarioilla v. 2100 (milj.€/v)



### Tulvavaaran muutos (1/100a meritulvan vedenkorkeus cm N2000)



### Miten tulvariski muuttuu?

Tulvariskin arvioidaan pysyvän maltillisena noin nykyisellään skenaariosta riippumatta, mutta lähtevän kasvuun n. 2050. Asukasmäärän arvioidaan pysyvän nykyisellään vuosisadan lopulle.

### Mikä on suurin riskitekijä?

Suurimmat riskitekijät ovat talouskasvu sekä mahdollinen meriveden pinnan nousu yhdistettynä mahdolliseen uuden asutuksen keskittymiseen rannikolle.

### Milloin on paras aika toimia?

Tulvariskin arvioidaan lähtevän kasvuun n. 2050. Riskeihin kannattaa varautua jo sitä ennen.

### Miten riskeihin tulisi varautua?

Tehokkain tapa varautua on tulevaisuuden merivesitulvat huomioon ottava alueiden käytön suunnittelu.

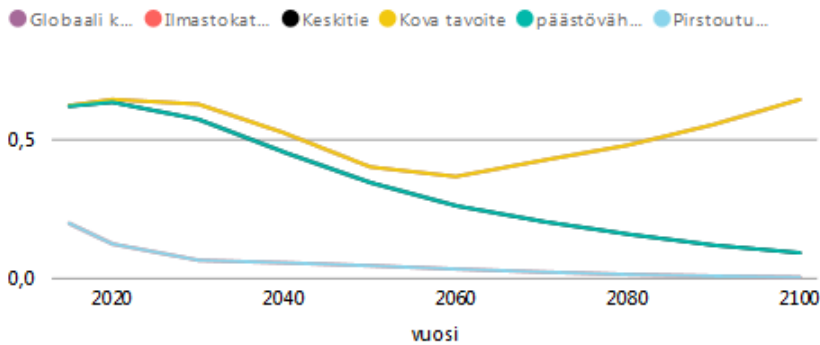
### Epävarmuudet?

Eniten epävarmuutta tuloksiin aiheuttaa merivesiskenaarioiden sovitukset ja talouskasvuskenaariot. Myös vesistötulvariskin laskeminen mukaan jopa kaksinkertaistaa taloudelliset riskiarviot. Eniten vaikutusta tällä on vuosisadan alussa ja pahimmilla skenaarioilla.

## Tulvariskikortti

Kittilän kirkonkylä

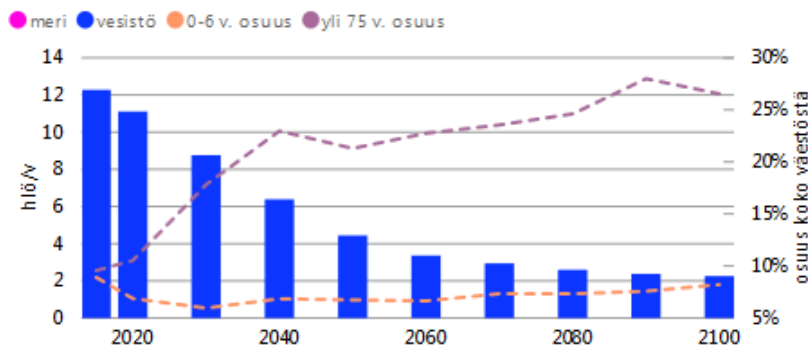
### Vuosivahingon odotusarvo (milj. €/vuosi)



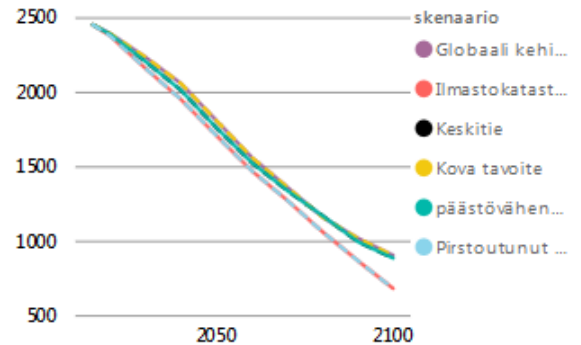
### Vuosivahingon odotusarvon muutos suhteessa vuoteen 2015 (%)

skenaario	2015	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Globaali kehitys	0	4	1	-16	-35	-41	-32	-23	-11	3
Ilmastokatastrofi	0	-37	-67	-71	-77	-83	-88	-92	-95	-97
Keskitie	0	2	-8	-27	-44	-58	-67	-74	-81	-85
Kova tavoite	0	4	1	-16	-35	-41	-32	-23	-11	3
päästövähennykset ensin	0	2	-8	-27	-44	-58	-67	-74	-81	-85
Pirstoutunut sopeutuminen	0	-37	-67	-71	-77	-83	-88	-92	-95	-97

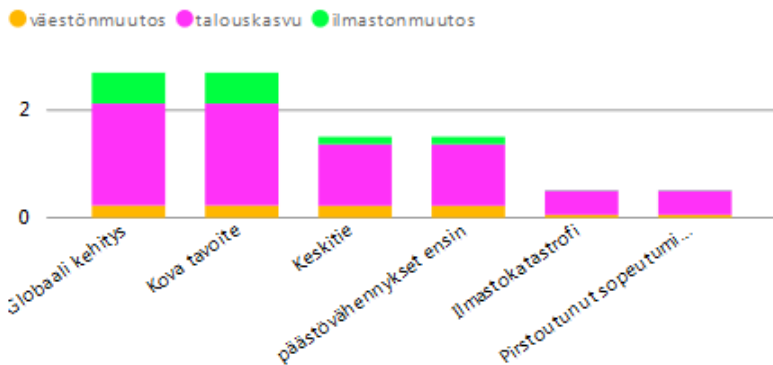
### Tulvalle altistuvien asukkaiden vuosittainen odotusarvo ja haavoittuvien ryhmien osuus



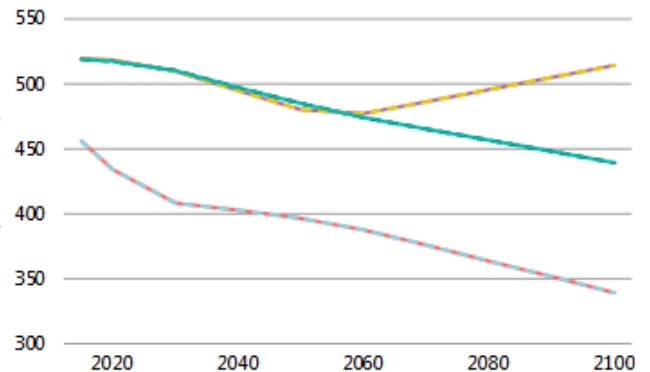
### Koko merkittävän alueen asukasmäärä (hlö)



### Tulvariskiin vaikuttavat tekijät eri skenaarioilla v. 2100 (milj.€/v)



### Tulvavaaran muutos (keskiylivirtaama, m<sup>3</sup>/s)



### Miten tulvariski muuttuu?

Tulvariskin arvioidaan laskevan tai pysyvän nykyisellään skenaariosta riippuen. Kaikilla skenaarioilla riski kuitenkin vähenee vuosisadan puoliväliin asti.

### Mikä on suurin riskitekijä?

Talouskasvu ja tulvien vuodenaikaisvaihtelut voivat lisätä riskiä. Ikääntyneiden osuuden kasvu lisää haavoittuvuutta.

### Milloin on paras aika toimia?

Tulvariskin arvioidaan vähenevän nykyisestä vuosisadan puoliväliin asti ja parilla skenaariolla kääntyvän nousuun n. 2060. Tulvariskien hallintaa kannattaa jatkaa kuten nykyään.

### Miten riskeihin tulisi varautua?

Tehokkain tapa varautua on varautua nykyiseen tulvariskiin ja ottaa tulevaisuuden tulvariskit huomioon maankäytön suunnittelussa.

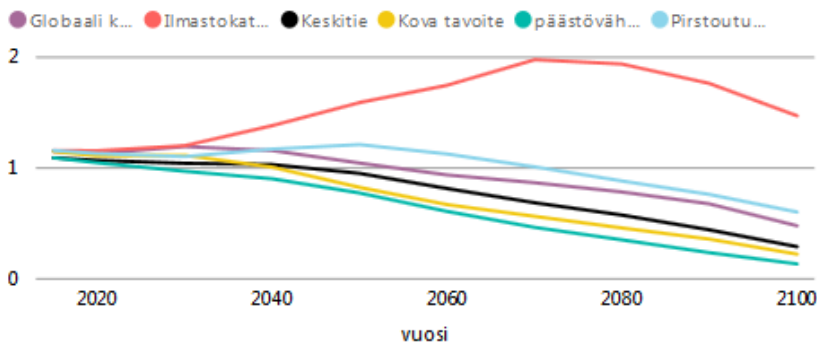
### Epävarmuudet?

Eniten epävarmuutta tuloksiin aiheuttaa ilmastonmuutoksen vaikutusten mallintaminen vuotuisen tulvan perusteella sekä talouskasvun epävarmuus. Myös mahdollinen ennakoimaton alueellinen kehitys voi vaikuttaa arvioihin paljonkin.

## Tulvariskikortti

Kymijoen alaosa

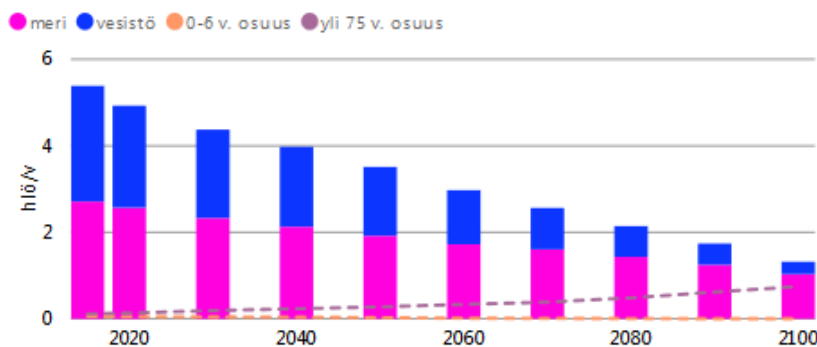
### Vuosivahingon odotusarvo (milj. €/vuosi)



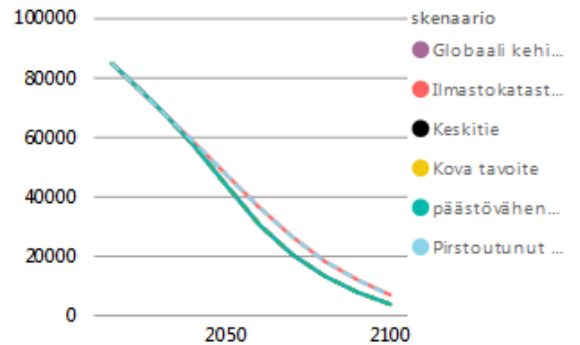
### Vuosivahingon odotusarvon muutos suhteessa vuoteen 2015 (%)

skenaario	2015	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Globaali kehitys	0	-2	4	1	-9	-19	-25	-32	-41	-58
Ilmastokatastrofi	0	0	4	19	37	51	71	67	52	27
Keskitie	0	-2	-5	-6	-13	-25	-37	-47	-60	-73
Kova tavoite	0	-4	-3	-12	-28	-42	-51	-60	-69	-81
päästövähennykset ensin	0	-4	-11	-17	-29	-44	-57	-68	-78	-88
Pirstoutunut sopeutuminen	0	-2	-5	1	5	-3	-13	-24	-34	-48

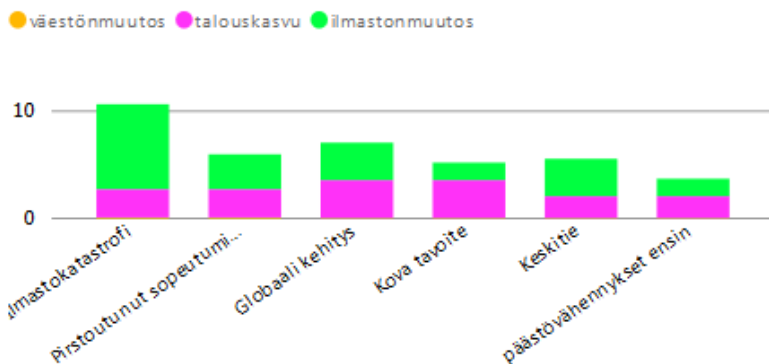
### Tulvalle altistuvien asukkaiden vuosittainen odotusarvo ja haavoittuvien ryhmien osuus



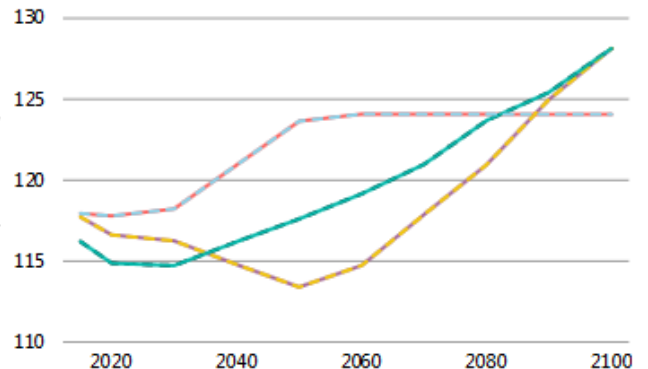
### Koko merkittävän alueen asukasmäärä (hlö)



### Tulvariskiin vaikuttavat tekijät eri skenaarioilla v. 2100 (milj.€/v)



### Tulvavaaran muutos (keskiylivirtaama, m<sup>3</sup>/s)



### Miten tulvariski muuttuu?

Tulvariskin arvioidaan vähenevän kaikilla muilla paitsi ilmastokatastrofi –skenaariolla, jolla kasvu johtuu meriveden noususta. Riski pysyy noin nykyisellään vuosisadan puoliväliin ja vähenee sen jälkeen erityisesti asukasmäärän osalta.

### Mikä on suurin riskitekijä?

Suurimmat riskitekijät ovat ilmastonmuutos ja talouskasvu. Ikääntyneiden osuuden kasvu lisää haavoittuvuutta.

### Milloin on paras aika toimia?

Tulvariskin arvioidaan pysyvän nykyisellä tasolla n. 2050 asti. Tulvariskien hallintaa voi jatkaa nykyisin periaattein ottaen kuitenkin huomioon mahdollinen ilmastonmuutoksen vaikutus tulevaisuudessa.

### Miten riskeihin tulisi varautua?

Tehokkain tapa varautua on nykyisen tulvariskin ehkäisy ja tulevaisuuden tulvat huomioon ottava alueiden käytön suunnittelu.

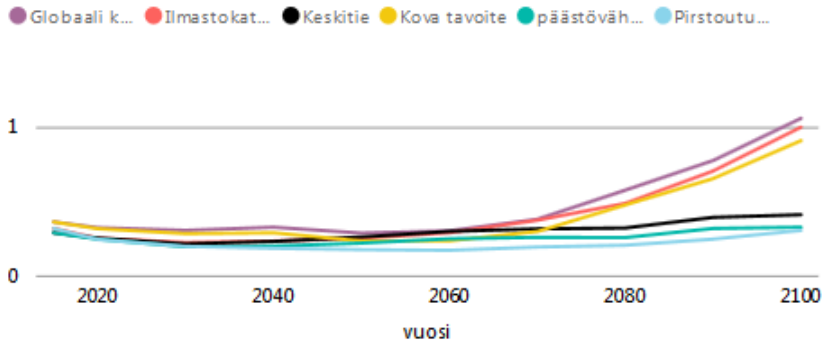
### Epävarmuudet?

Eniten epävarmuutta tuloksiin aiheuttaa ilmastonmuutokseen liittyvä epävarmuus ja talouskasvuneste. Myös meritulvan laskeminen mukaan jopa kaksinkertaistaa taloudelliset riskiarvot. Eniten vaikutusta tällä on vuosisadan alussa ja pahimmilla skenaarioilla.

## Tulvariskikortti

Laihia-Runsor

### Vuosivahingon odotusarvo (milj. €/vuosi)



### Vuosivahingon odotusarvon muutos suhteessa vuoteen 2015 (%)

skenaario	2015	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Globaali kehitys	0	-11	-16	-10	-21	-16	5	58	113	191
Ilmastokatastrofi	0	-21	-30	-27	-21	-9	17	52	120	212
Keskittie	0	-12	-26	-20	-10	3	9	11	35	42
Kova tavoite	0	-12	-22	-20	-35	-35	-18	31	80	150
päästövähennykset ensin	0	-15	-32	-31	-24	-14	-11	-11	10	13
Pirstoutunut sopeutuminen	0	-23	-38	-42	-45	-46	-39	-35	-22	-4

### Miten tulvariski muuttuu?

Tulvariskin arvioidaan pysyvän nykyisellään n. 2070 asti ja osalla skenaariosta kasvavan aika selvästi sen jälkeen.

### Mikä on suurin riskitekijä?

Suurin riskitekijä on talouskasvu, mutta myös ilmastonmuutos lisää riskiä vuosisadan loppua kohden. Väestön määrä alueella pysyy nykyisellä tasolla, joskin ikääntyneiden osuus kasvaa.

### Milloin on paras aika toimia?

Tulvariskin arvioidaan lähtevän merkittävään kasvuun n. 2070. Riskeihin pitää varautua kuitenkin jo sitä ennen.

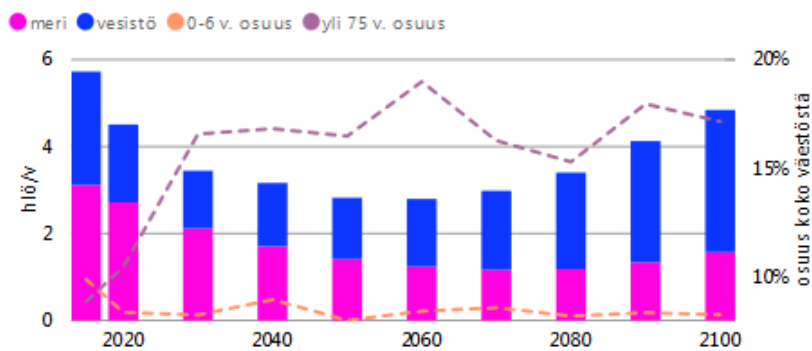
### Miten riskeihin tulisi varautua?

Tehokkain tapa varautua on tulevaisuuden tulvat huomioon ottava alueiden käytön suunnittelu.

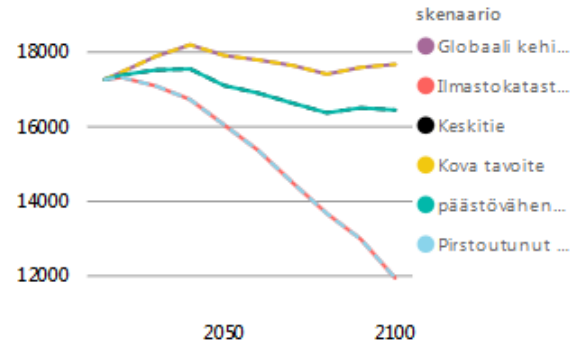
### Epävarmuudet?

Eniten epävarmuutta tuloksiin aiheuttaa talouskasvun epävarmuus sekä ilmastonmuutosskenaariot. Myös meritulvariskin laskeminen mukaan vaikuttaa tuloksiin, eniten vuosisadan alussa ja pahimmilla skenaarioilla. Tulvien vuodenaikavaihtelua tai jäiden vaikutusta ei ole erikseen arvioitu.

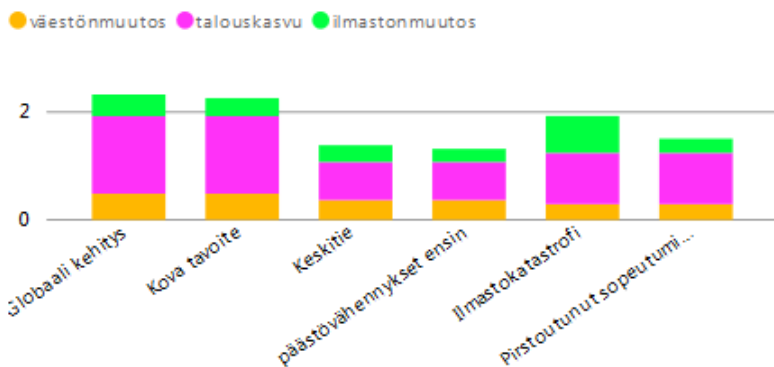
### Tulvalle altistuvien asukkaiden vuosittainen odotusarvo ja haavoittuvien ryhmien osuus



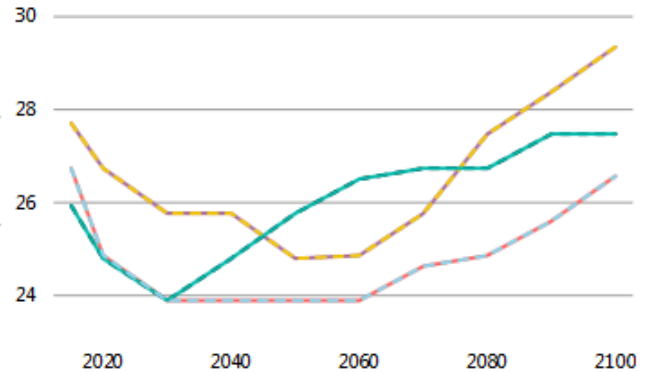
### Koko merkittävän alueen asukasmäärä (hlö)



### Tulvariskin vaikuttavat tekijät eri skenaarioilla v. 2100 (milj.€/v)



### Tulvavaaran muutos (keskiylivirtaama, m³/s)

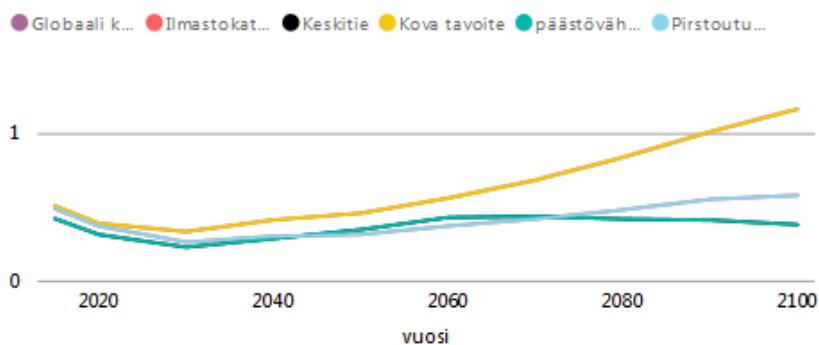




## Tulvariskikortti

Lapua

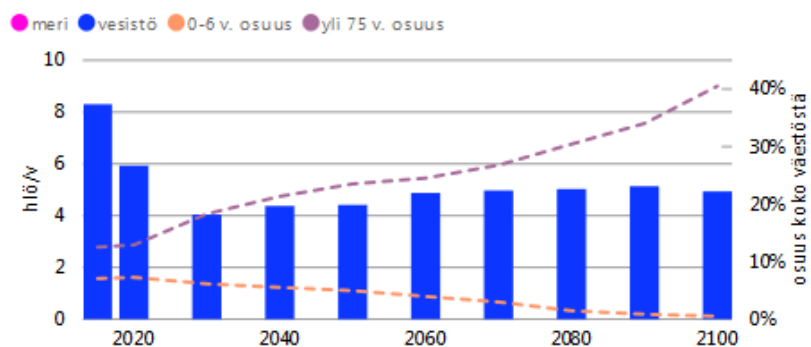
### Vuosivahingon odotusarvo (milj. €/vuosi)



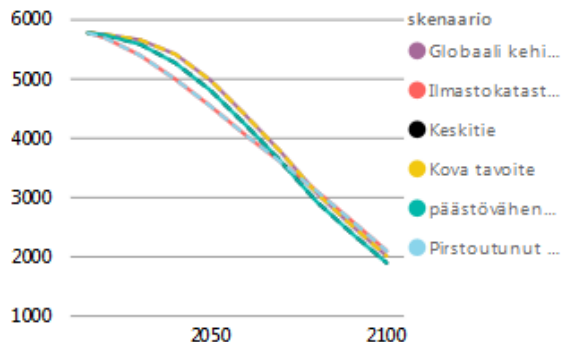
### Vuosivahingon odotusarvon muutos suhteessa vuoteen 2015 (%)

skenaario	2015	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Globaali kehitys	0	-23	-34	-19	-10	10	34	64	98	128
Ilmastokatastrofi	0	-24	-46	-38	-35	-24	-14	-1	13	19
Keskitie	0	-25	-46	-32	-18	2	4	-1	-2	-10
Kova tavoite	0	-23	-34	-19	-10	10	34	64	98	128
päästövähennykset ensin	0	-25	-46	-32	-18	2	4	-1	-2	-10
Pirstoutunut sopeutuminen	0	-24	-46	-38	-35	-24	-14	-1	13	19

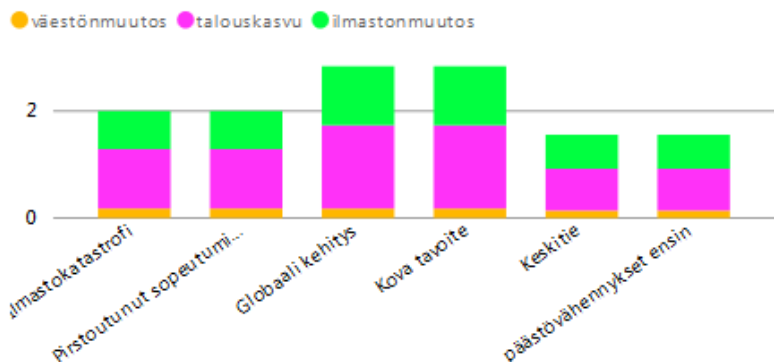
### Tulvalle altistuvien asukkaiden vuosittainen odotusarvo ja haavoittuvien ryhmien osuus



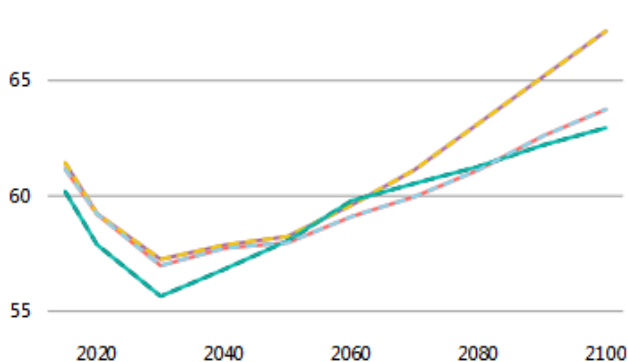
### Koko merkittävän alueen asukasmäärä (hlö)



### Tulvariskiä vaikuttavat tekijät eri skenaarioilla v. 2100 (milj.€/v)



### Tulvavaaran muutos (keskiylivirtaama, m³/s)



### Miten tulvariski muuttuu?

Tulvariski ei muutu paljoa. Tulvariskin arvioidaan ensin hieman vähenevän, mutta lähtevän lievään kasvuun n. 2030. Suurimmalla osalla skenaarioista kasvu tasaantuu nykyiselle tasolle n. 2060.

### Mikä on suurin riskitekijä?

Suurin riskitekijä on talouskasvu, mutta myös ilmastomuutos lisää riskiä erityisesti vuosisadan puolivälissä. Väestön määrä vähenee, mutta ikääntyneiden osuus kasvaa.

### Milloin on paras aika toimia?

Tulvariskin arvioidaan ensin jopa hieman vähenevän, mutta lähtevän kasvuun n. 2030 erityisesti virtaamien kasvun myötä. Vaikka negatiivinen väestökehitys vähentää riskiä, kasvavat virtaamat on otettava huomioon riskien hallinnassa.

### Miten riskeihin tulisi varautua?

Tehokkain tapa on varautua ilmastomuutoksen myötä muuttuviin tulviin.

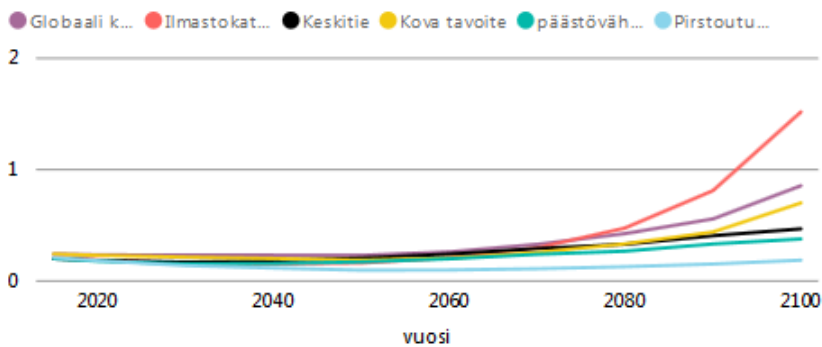
### Epävarmuudet?

Eniten epävarmuutta tuloksiin aiheuttaa talouskasvun epävarmuus sekä ilmastomuutoskkenaariot. Tulvien vuodenaikaisvaihtelua tai jäiden vaikutusta ei ole erikseen arvioitu.

## Tulvariskikortti

Lapväärtin taajama

### Vuosivahingon odotusarvo (milj. €/vuosi)



### Vuosivahingon odotusarvon muutos suhteessa vuoteen 2015 (%)

skenaario	2015	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Globaali kehitys	0	-3	-4	-4	-5	8	36	75	130	252
Ilmastokatastrofi	0	-9	-24	-26	-23	-1	42	127	288	625
Keskitie	0	-8	-15	-9	3	21	45	65	103	134
Kova tavoite	0	-5	-12	-17	-23	-16	6	38	81	189
päästövähennykset ensin	0	-11	-23	-21	-14	0	20	34	66	88
Pirstoutunut sopeutuminen	0	-13	-34	-44	-54	-53	-48	-39	-27	-11

### Miten tulvariski muuttuu?

Tulvariskin arvioidaan pysyvän nykyisellään n. 2070 asti ja osalla skenaariosta kasvavan aika selvästi sen jälkeen.

### Mikä on suurin riskitekijä?

Suurin riskitekijä on talouskasvu, mutta myös ilmastomuutos lisää riskiä vuosisadan puolivälin jälkeen. Väestön määrä alueella pysynee nykyisellä tasolla.

### Milloin on paras aika toimia?

Tulvariskin arvioidaan lähtevän merkittävään kasvuun n. 2070. Tulvariskiskenaarioita pitää seurata ja tarvittaessa varautua riskeihin jo sitä ennen.

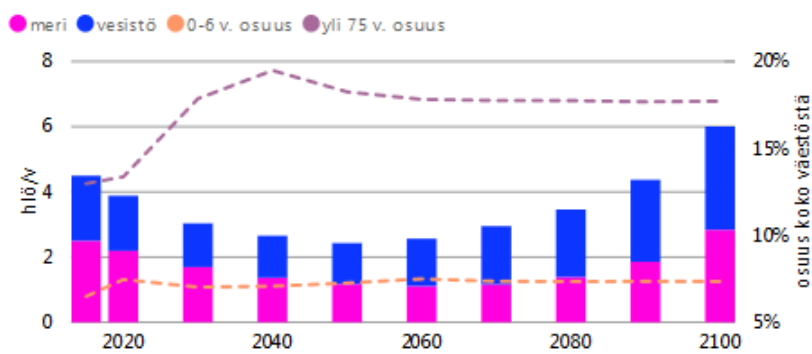
### Miten riskeihin tulisi varautua?

Tehokkain tapa varautua on tulevaisuuden tulvat huomioon ottava alueiden käytön suunnittelu.

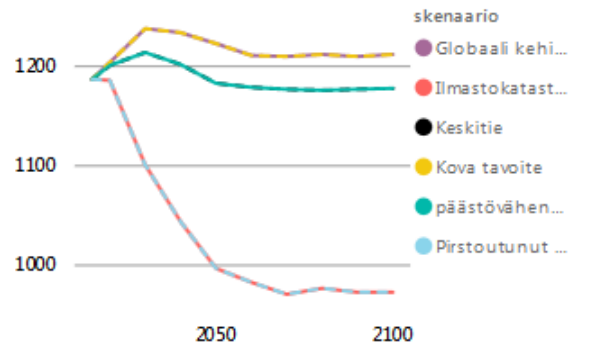
### Epävarmuudet?

Eniten epävarmuutta tuloksiin aiheuttaa talouskasvun epävarmuus sekä ilmastomuutoskkenaariot. Myös vesistötulvariskin laskeminen mukaan jopa kaksinkertaistaa taloudelliset riskiarviot. Eniten vaikutusta tällä on vuosisadan alussa ja pahimmilla skenaarioilla. Tulvien vuodenaikavaihtelua tai jäiden vaikutusta ei ole erikseen arvioitu.

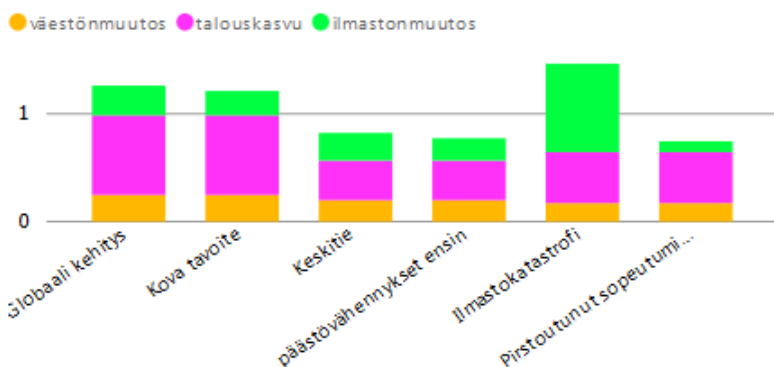
### Tulvalle altistuvien asukkaiden vuosittainen odotusarvo ja haavoittuvien ryhmien osuus



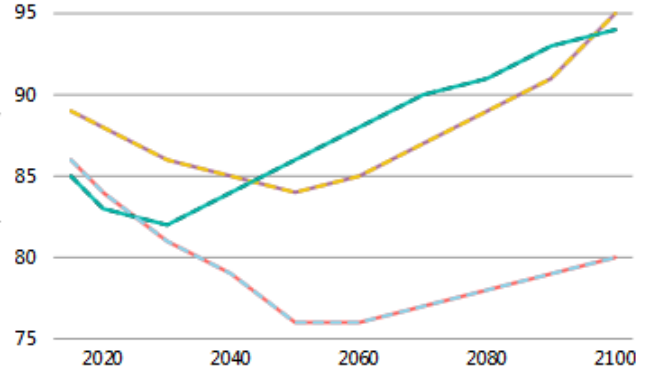
### Koko merkittävän alueen asukasmäärä (hlö)



### Tulvariskiinkin vaikuttavat tekijät eri skenaarioilla v. 2100 (milj.€/v)



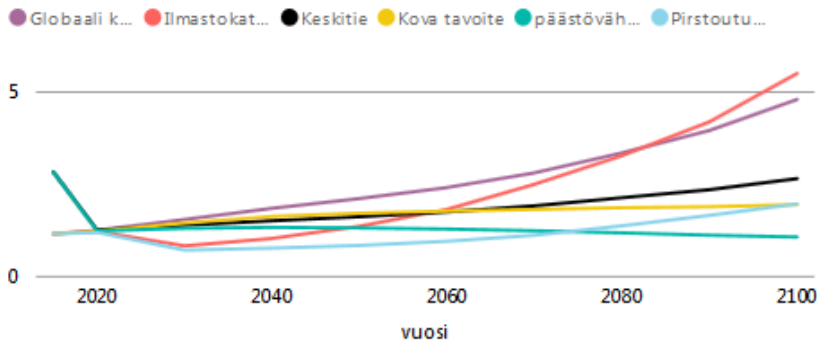
### Tulvavaaran muutos (keskiylivirtaama, m<sup>3</sup>/s)



## Tulvariskikortti

Loviisan rannikkoalue

### Vuosivahingon odotusarvo (milj. €/vuosi)



### Vuosivahingon odotusarvon muutos suhteessa vuoteen 2015 (%)

skenaario	2015	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Globaali kehitys	0	8	33	60	82	108	143	189	242	314
Ilmastokatastrofi	0	6	-28	-11	18	57	116	183	262	375
Keskitie	0	-56	-51	-47	-43	-38	-32	-25	-17	-6
Kova tavoite	0	6	25	41	48	53	57	61	63	68
päästövähennykset ensin	0	-56	-54	-53	-53	-54	-56	-58	-60	-62
Pirstoutunut sopeutuminen	0	3	-38	-33	-27	-17	-3	19	43	70

### Miten tulvariski muuttuu?

Tulvariskin arvioidaan pysyvän nykyisellään tai kasvavan skenaariosta riippuen. Joillain skenaarioilla riski voi alkuun vähentyä, mutta kääntyä kasvuun jo n. 2030.

### Mikä on suurin riskitekijä?

Suurimmat riskitekijät ovat talouskasvu ja meriveden pinnan nousu yhdistettynä mahdolliseen uuden asutuksen keskittymiseen rannikolle. Alueen asukasmäärän arvioidaan pienenevän.

### Milloin on paras aika toimia?

Tulvariskin arvioidaan kääntyvän hieman selvempään kasvuun n. 2050. Riskeihin pitää varautua jo sitä ennen.

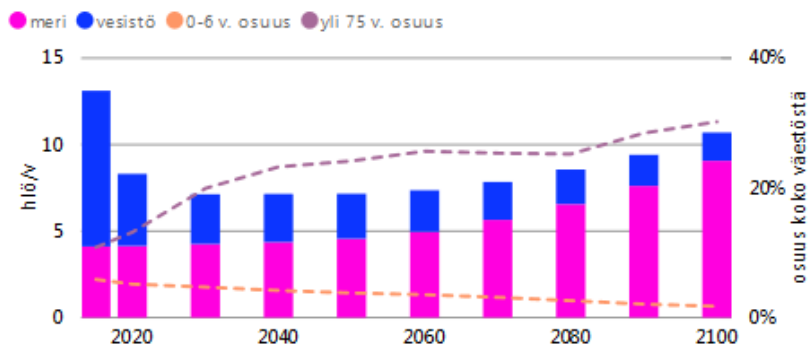
### Miten riskeihin tulisi varautua?

Tehokkain tapa varautua on tulevaisuuden tulvat huomioon ottava alueiden käytön suunnittelu.

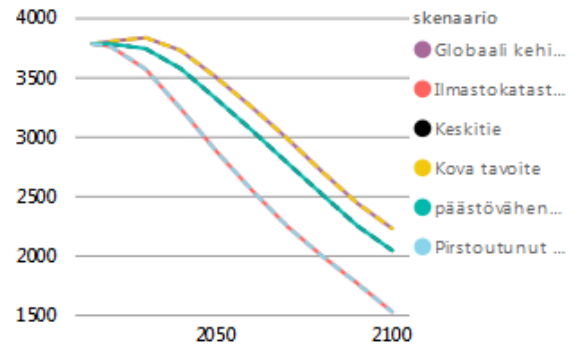
### Epävarmuudet?

Eniten epävarmuutta tuloksiin aiheuttaa merivesiskenaarioiden sovitukset ja talouskasvun epävarmuus. Myös vesistötulvariskin laskeminen mukaan yli kaksinkertaistaa taloudelliset riskiarviot. Eniten vaikutusta tällä on vuosisadan alussa.

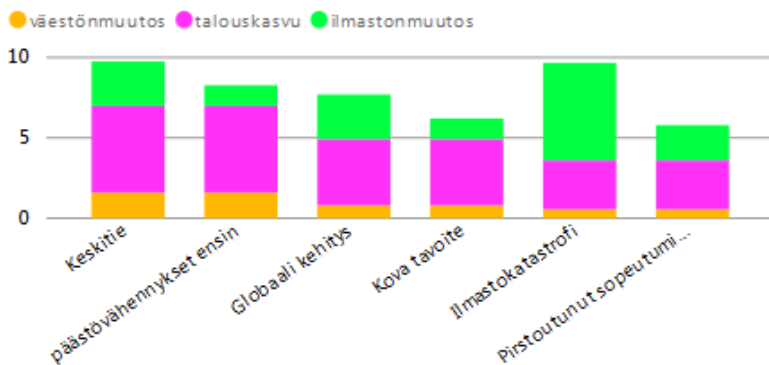
### Tulvalle altistuvien asukkaiden vuosittainen odotusarvo ja haavoittuvien ryhmien osuus



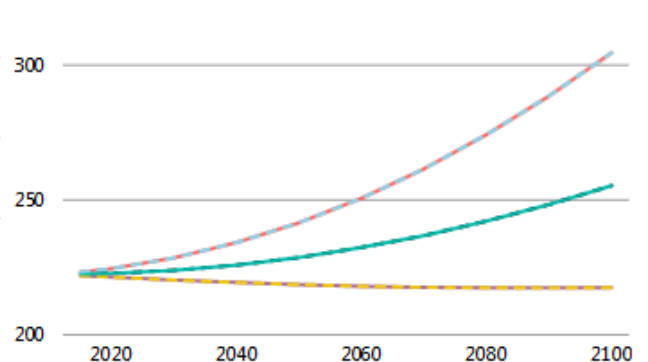
### Koko merkittävän alueen asukasmäärä (hlö)



### Tulvariskin vaikuttavat tekijät eri skenaarioilla v. 2100 (milj.€/v)



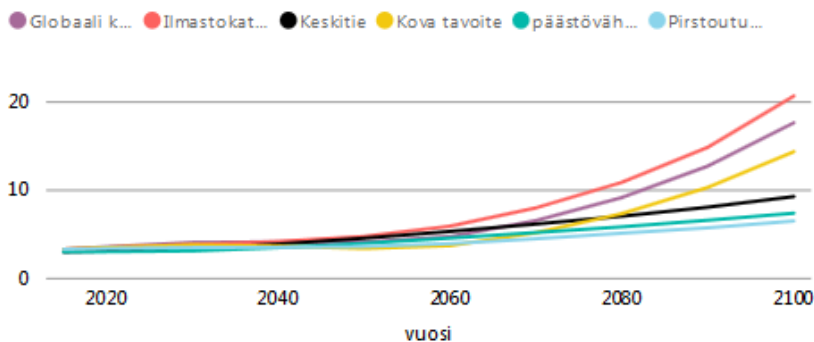
### Tulvavaaran muutos (1/100a meritulvan vedenkorkeus cm N2000)



## Tulvariskikortti

Pori

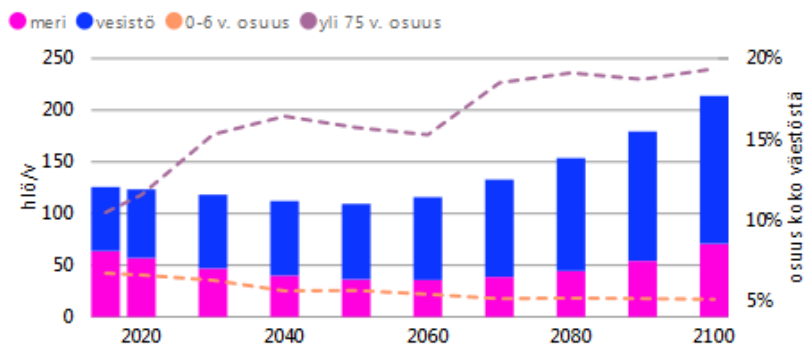
### Vuosivahingon odotusarvo (milj. €/vuosi)



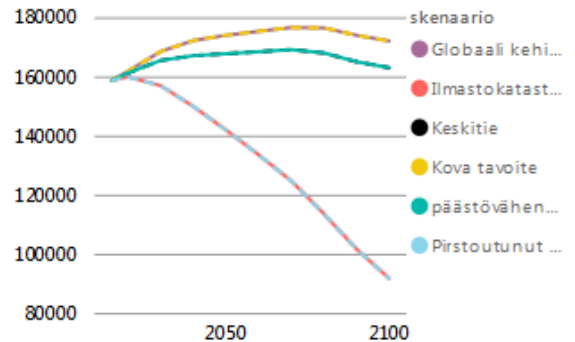
### Vuosivahingon odotusarvon muutos suhteessa vuoteen 2015 (%)

skenaario	2015	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Globaali kehitys	0	8	23	25	25	43	98	176	284	431
Ilmastokatastrofi	0	6	16	26	44	79	141	228	348	523
Keskitie	0	3	12	29	51	76	104	133	167	207
Kova tavoite	0	6	15	10	2	12	56	122	211	332
päästövähennykset ensin	0	0	3	15	32	51	72	94	118	145
Pirstoutunut sopeutuminen	0	3	6	6	9	19	36	55	73	96

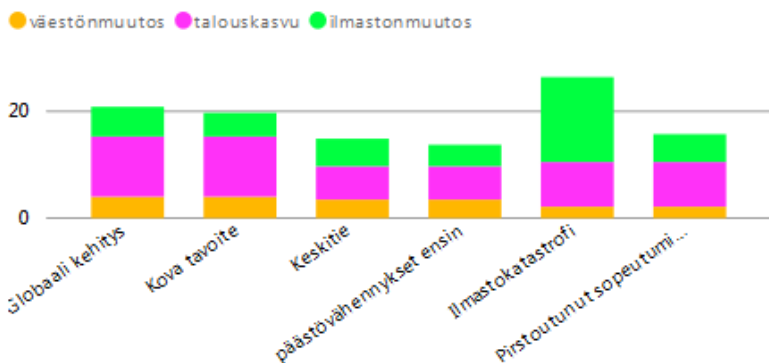
### Tulvalle altistuvien asukkaiden vuosittainen odotusarvo ja haavoittuvien ryhmien osuus



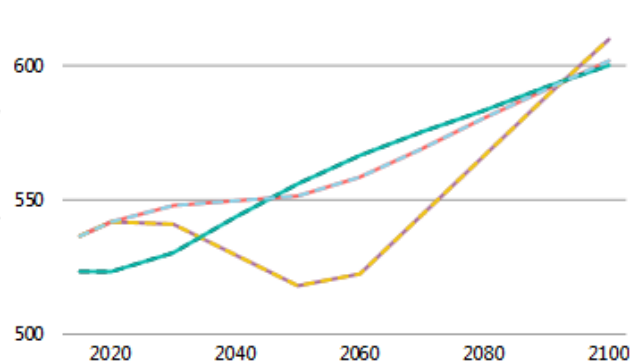
### Koko merkittävän alueen asukasmäärä (hlö)



### Tulvariskiinkin vaikuttavat tekijät eri skenaarioilla v. 2100 (milj.€/v)



### Tulvavaaran muutos (keskiylivirtaama, m<sup>3</sup>/s)



### Miten tulvariski muuttuu?

Tulvariskin arvioidaan kasvavan skenaariosta riippumatta, aluksi maltillisesti mutta n. 2060 jälkeen reilummin. Pori pysyy riskeittäin yhtenä merkittävimmistä tulvariskialueista.

### Mikä on suurin riskitekijä?

Suurimmat riskitekijät ovat ilmastonmuutos ja talouskasvu yhdistettynä alueen tulvasuojeluun. Myös rakentamispaineet voivat lisätä vahinkopotentiaalia.

### Milloin on paras aika toimia?

Tulvariskin arvioidaan lähtevän kasvuun n. 2060. Riskeihin pitää varautua jo sitä ennen.

### Miten riskeihin tulisi varautua?

Tehokkain tapa varautua on tulevaisuuden tulvat huomioon ottava alueiden käytön suunnittelu ja nykyisestä tulvasuojelusta huolehtiminen.

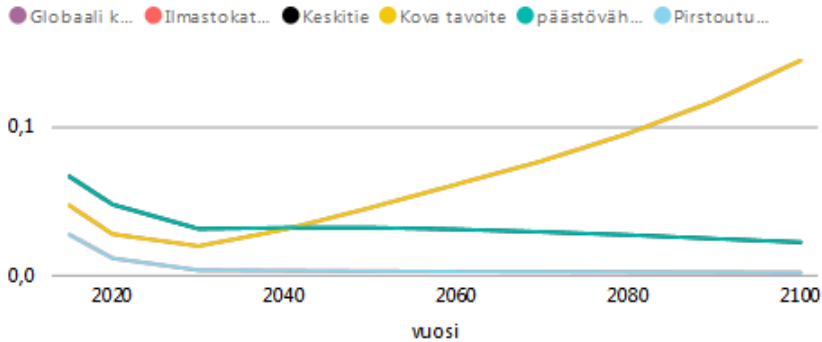
### Epävarmuudet?

Eniten epävarmuutta tuloksiin aiheuttaa tulvasuojeltujen alueiden jäännösriskin ja talouskasvun epävarmuus sekä ilmastonmuutosskenaariot. Myös meritulvan laskeminen mukaan jopa kaksinkertaistaa taloudelliset riskiarvot. Eniten vaikutusta tällä on vuosisadan alussa ja pahimmilla skenaarioilla. Tulvien vuodenaikaisvaihtelua tai jäiden vaikutusta ei ole erikseen arvioitu.

## Tulvariskikortti

Pudasjärven keskusta

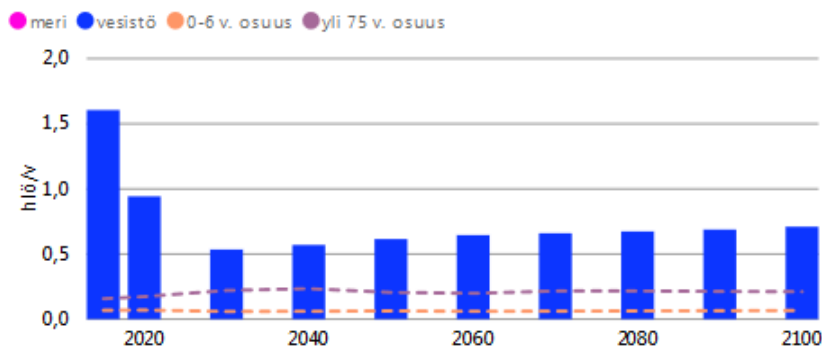
### Vuosivahingon odotusarvo (milj. €/vuosi)



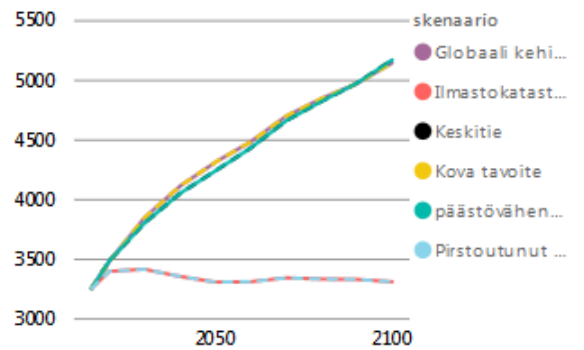
### Vuosivahingon odotusarvon muutos suhteessa vuoteen 2015 (%)

skenaario	2015	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Globaali kehitys	0	-41	-58	-34	-3	30	64	103	149	207
Ilmastokatastrofi	0	-58	-87	-88	-89	-90	-90	-91	-92	-93
Keskittie	0	-28	-53	-52	-52	-53	-56	-59	-63	-66
Kova tavoite	0	-41	-58	-34	-3	30	64	103	149	207
päästövähennykset ensin	0	-28	-53	-52	-52	-53	-56	-59	-63	-66
Pirstoutunut sopeutuminen	0	-58	-87	-88	-89	-90	-90	-91	-92	-93

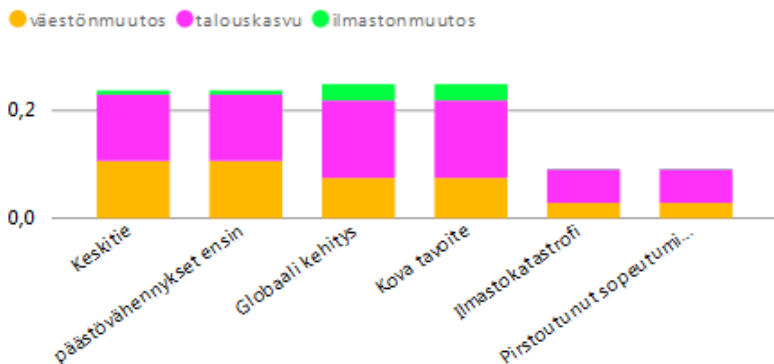
### Tulvalle altistuvien asukkaiden vuosittainen odotusarvo ja haavoittuvien ryhmien osuus



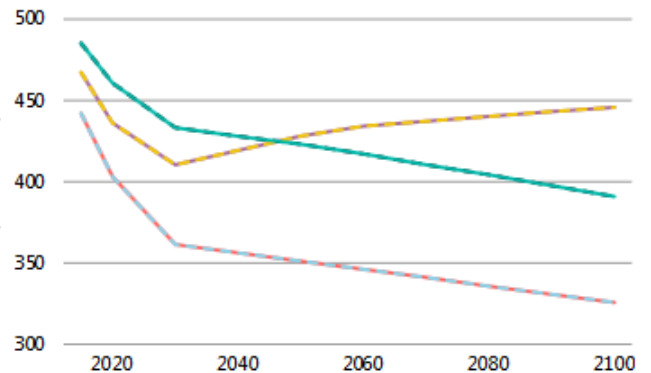
### Koko merkittävän alueen asukasmäärä (hlö)



### Tulvariskiinkin vaikuttavat tekijät eri skenaarioilla v. 2100 (milj.€/v)



### Tulvavaaran muutos (keskiylivirtaama, m³/s)



### Miten tulvariski muuttuu?

Tulvariskin arvioidaan ensin hieman laskevan ja sen jälkeen pysyvän samalla tasolla tai kasvavan skenaariosta riippuen.

### Mikä on suurin riskitekijä?

Suurimmat riskitekijät ovat talouskasvu ja väestön muuttaminen muualta kunnasta taajaman merkittävälle tulvariskialueelle.

### Milloin on paras aika toimia?

Tulvariskin arvioidaan vähenevän lähivuosina, mutta sen jälkeinen kehitys on epävarmaa. Tulvariskiäritä kannattaa seurata ja tarvittaessa ryhtyä toimiin.

### Miten riskeihin tulisi varautua?

Tehokkain tapa on väestömuutoksen ja tulevaisuuden tulvat huomioon ottava alueiden käytön suunnittelu.

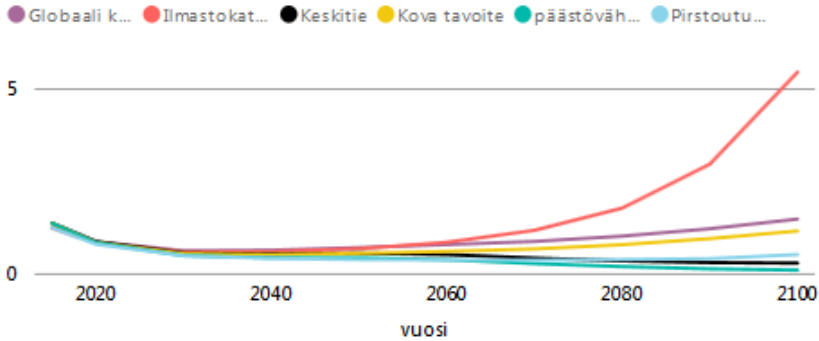
### Epävarmuudet?

Eniten epävarmuutta tuloksiin aiheuttaa talouskasvun ja väestömuutoksen epävarmuus. Epävarmuutta aiheuttaa myös oletus, että tulevaisuudessa tulvavaara-alueen ja koko alueen asukasmäärät kasvavat samassa suhteessa kuin nykyisin.

## Tulvariskikortti

Pyhäjoen alaosa

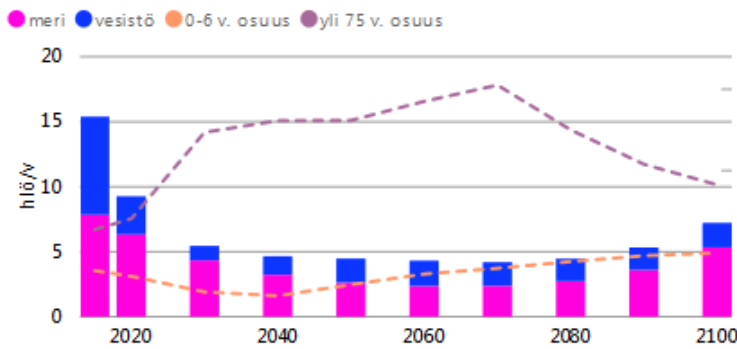
### Vuosivahingon odotusarvo (milj. €/vuosi)



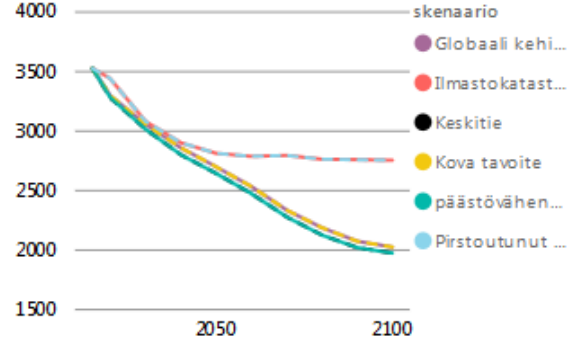
### Vuosivahingon odotusarvon muutos suhteessa vuoteen 2015 (%)

skenaario	2015	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Globaali kehitys	0	-36	-54	-53	-48	-42	-36	-25	-11	8
Ilmastokatastrofi	0	-32	-52	-51	-45	-31	-5	43	138	338
Keskittie	0	-36	-58	-61	-59	-62	-69	-74	-77	-78
Kova tavoite	0	-38	-60	-62	-59	-55	-51	-42	-30	-15
päästövähennykset ensin	0	-38	-64	-68	-68	-72	-79	-85	-90	-92
Pirstoutunut sopeutuminen	0	-35	-60	-66	-69	-69	-70	-69	-67	-58

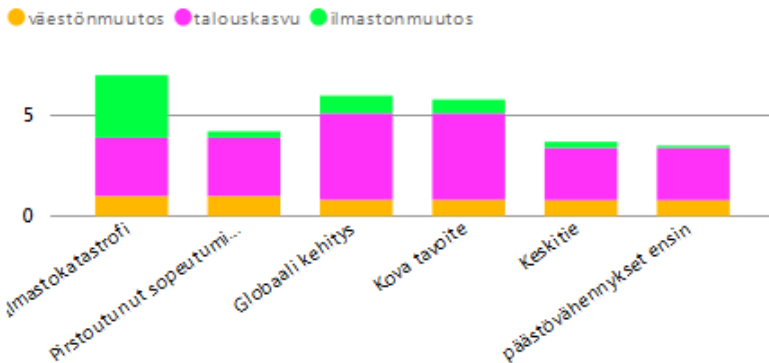
### Tulvalle altistuvien asukkaiden vuosittainen odotusarvo ja haavoittuvien ryhmien osuus



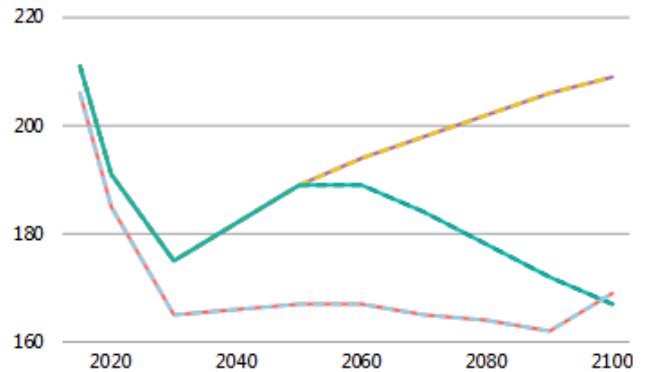
### Koko merkittävän alueen asukasmäärä (hlö)



### Tulvariskiin vaikuttavat tekijät eri skenaarioilla v. 2100 (milj.€/v)



### Tulvavaaran muutos (keskiylivirtaama, m³/s)



#### Miten tulvariski muuttuu?

Tulvariskin arvioidaan pysyvän nykyisellään. Ilmastokatastrofi –skenaarion mukainen kasvu vuosisadan lopulla johtuu meriveden pinnan noususta.

#### Mikä on suurin riskitekijä?

Suurin riskitekijä on talouskasvu, mutta myös ilmastonmuutos lisää riskiä vuosisadan puolivälin aikoihin. Jäät voivat edelleen aiheuttaa vahinkoja.

#### Milloin on paras aika toimia?

Tulvariskin arvioidaan pysyvän nykyisellään. Tulvariskiskenaarioita pitää seurata ja tarvittaessa varautua riskeihin jo sitä ennen.

#### Miten riskeihin tulisi varautua?

Tehokkain tapa varautua on tulevaisuuden muutuvat tulvat huomioon ottava alueiden käytön suunnittelu ja nykyisten tulvasuojelurakenteiden kunnossapito.

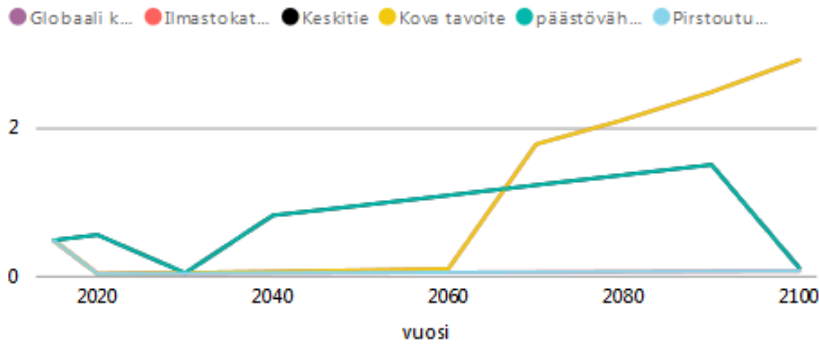
#### Epävarmuudet?

Eniten epävarmuutta tuloksiin aiheuttaa talouskasvun epävarmuus sekä ilmastonmuutosskenaariot. Myös meritulvariskin laskeminen mukaan jopa yli kaksinkertaistaa taloudelliset riskiarviot. Eniten vaikutusta tällä on vuosisadan alussa ja pahimmilla skenaarioilla. Tulvien vuodenaikaisvaihtelua tai jäiden vaikutusta ei ole erikseen arvioitu.

## Tulvariskikortti

Riihimäen keskusta

### Vuosivahingon odotusarvo (milj. €/vuosi)



### Vuosivahingon odotusarvon muutos suhteessa vuoteen 2015 (%)

skenaario	2015	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Globaali kehitys	0	-92	-89	-86	-82	-79	263	331	407	495
Ilmastokatastrofi	0	-92	-91	-90	-89	-88	-87	-86	-85	-84
Keskittie	0	15	-90	68	95	123	151	179	207	-76
Kova tavoite	0	-92	-89	-86	-82	-79	263	331	407	495
päästövähennykset ensin	0	15	-90	68	95	123	151	179	207	-76
Pirstoutunut sopeutuminen	0	-92	-91	-90	-89	-88	-87	-86	-85	-84

### Miten tulvariski muuttuu?

Tulvariskin arvioidaan pysyvän noin nykyisellään. Pienistä virtaamista johtuen riskin kehittymisen arviointi on hankalaa. Asukasmäärän ennakoidaan kasvavan.

### Mikä on suurin riskitekijä?

Suurimmat riskitekijät ovat väestön ja talouden kasvu. Pienellä vesistön yläosan alueella paikallisten virtausolosuhteiden muutos voi muuttaa riskiä.

### Milloin on paras aika toimia?

Tulvariskiarvioiden kehittymiseen liittyy suurta epävarmuutta ja alueen riskejä täytyy arvioida säännöllisesti uudelleen.

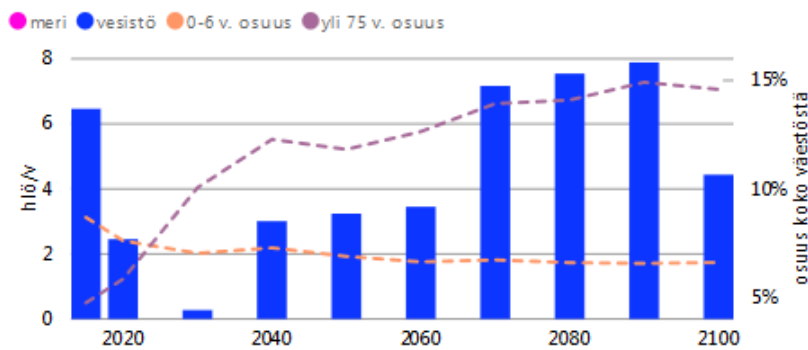
### Miten riskeihin tulisi varautua?

Tehokkain tapa varautua on väestömuutoksen, virtausolosuhteet ja rankkasateet huomioon ottava alueiden käytön suunnittelu.

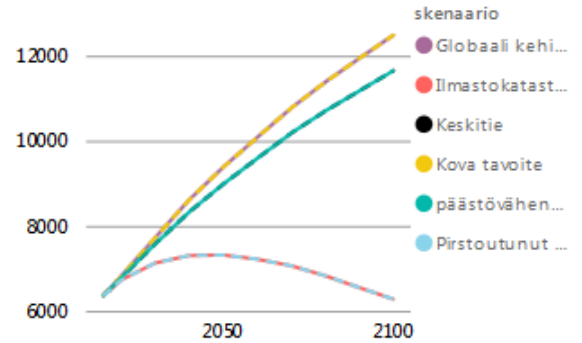
### Epävarmuudet?

Eniten epävarmuutta tuloksiin aiheuttaa tulevaisuuden tulvavaaran arviointi pienten keskiyvirtaamien ja niiden muutosten perusteella. Äärivirtaamien lisääntyminen ja kasvu voivat jäädä huomioimatta.

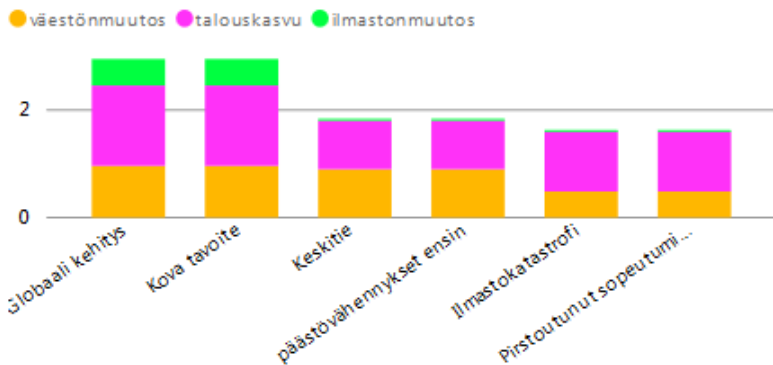
### Tulvalle altistuvien asukkaiden vuosittainen odotusarvo ja haavoittuvien ryhmien osuus



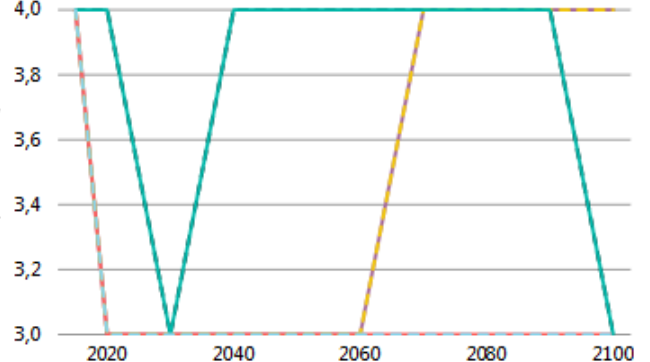
### Koko merkittävän alueen asukasmäärä (hlö)



### Tulvariskiin vaikuttavat tekijät eri skenaarioilla v. 2100 (milj.€/v)



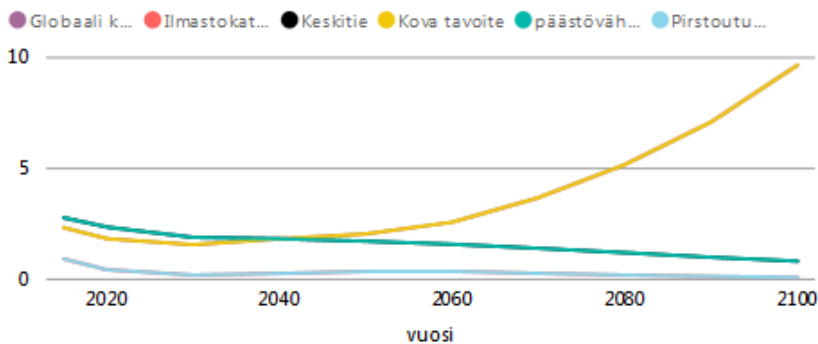
### Tulvavaaran muutos (keskiyvirtaama, m³/s)



## Tulvariskikortti

Rovaniemi

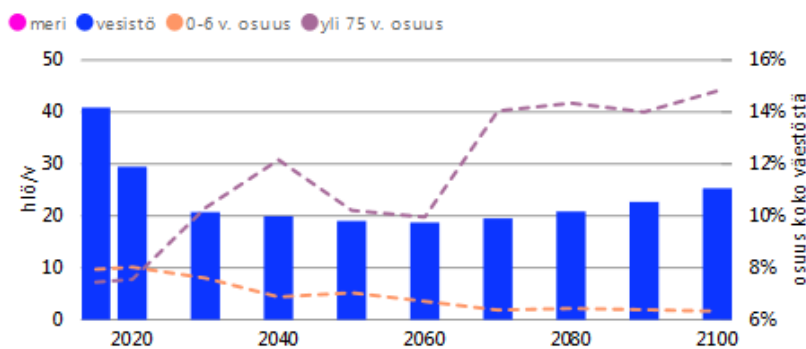
### Vuosivahingon odotusarvo (milj. €/vuosi)



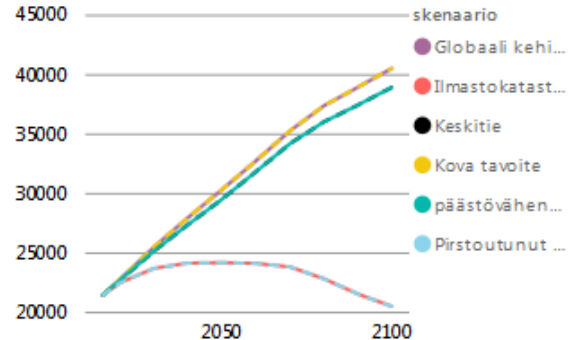
### Vuosivahingon odotusarvon muutos suhteessa vuoteen 2015 (%)

skenaario	2015	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Globaali kehitys	0	-21	-33	-22	-12	10	58	122	205	314
Ilmastokatastrofi	0	-53	-79	-71	-62	-62	-71	-79	-86	-90
Keskitie	0	-15	-32	-34	-38	-43	-50	-57	-64	-71
Kova tavoite	0	-21	-33	-22	-12	10	58	122	205	314
päästövähennykset ensin	0	-15	-32	-34	-38	-43	-50	-57	-64	-71
Pirstoutunut sopeutuminen	0	-53	-79	-71	-62	-62	-71	-79	-86	-90

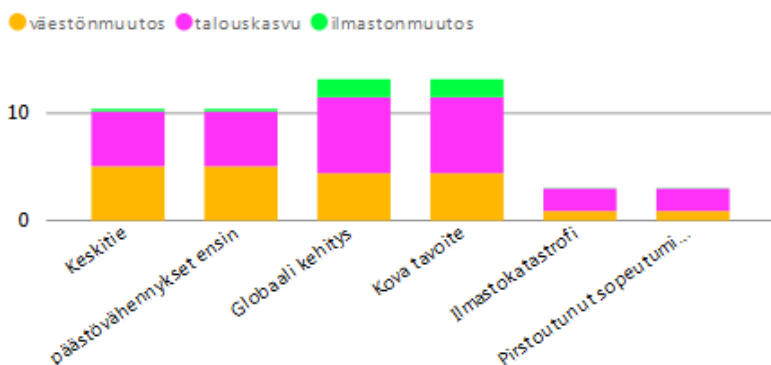
### Tulvalle altistuvien asukkaiden vuosittainen odotusarvo ja haavoittuvien ryhmien osuus



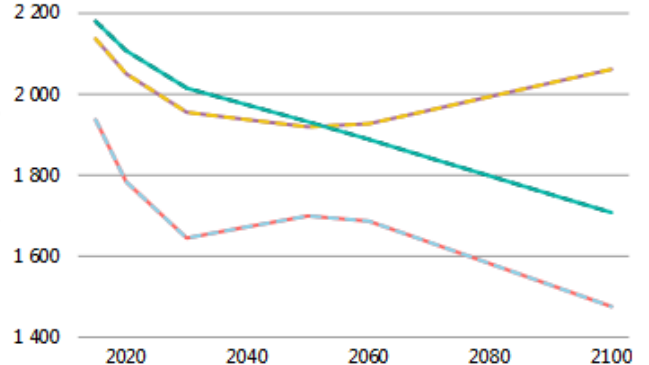
### Koko merkittävän alueen asukasmäärä (hlö)



### Tulvariskiä vaikuttavat tekijät eri skenaarioilla v. 2100 (milj.€/v)



### Tulvavaaran muutos (keskiylivirtaama, m³/s)



### Miten tulvariski muuttuu?

Tulvariskin arvioidaan vähenevän hieman vuosisadan puoliväliin kaikilla skenaarioilla. Sen jälkeen tulvariskiarvioissa on isoja tulvavaaran muutoksesta johtuvia eroja.

### Mikä on suurin riskitekijä?

Suurimmat riskitekijät ovat väestömuutos ja talouskasvu. Myös ilmastonmuutoksen vaikutukset voivat lisätä virtaamia vuosisadan puolivälissä ja sen jälkeen.

### Milloin on paras aika toimia?

Tulvariskin arvioidaan vähenevän hieman n. 2050 asti. Sen jälkeistä kehitystä ei voi vielä varmasti arvioida, joten arvioita on hyvä tarkentaa jatkossa.

### Miten riskeihin tulisi varautua?

Tehokkain tapa varautua on tulevaisuuden tulvat ja epävarmuudet huomioon ottava alueiden käytön suunnittelu.

### Epävarmuudet?

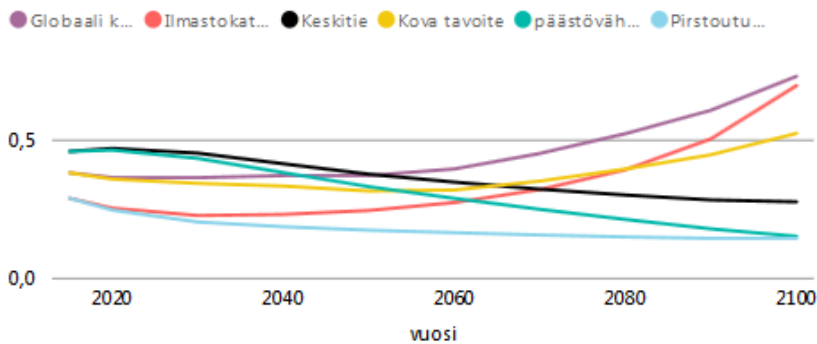
Eniten epävarmuutta tuloksiin aiheuttaa talouskasvu ja väestömuutos. Tulvavaaran muutosskenaarioissa on isoja eroja. Epävarmuutta aiheuttaa myös oletus, että tulevaisuudessa tulvavaara-alueen ja koko alueen asukasmäärät kasvavat samassa suhteessa kuin nykyisin.



## Tulvariskikortti

Tornio

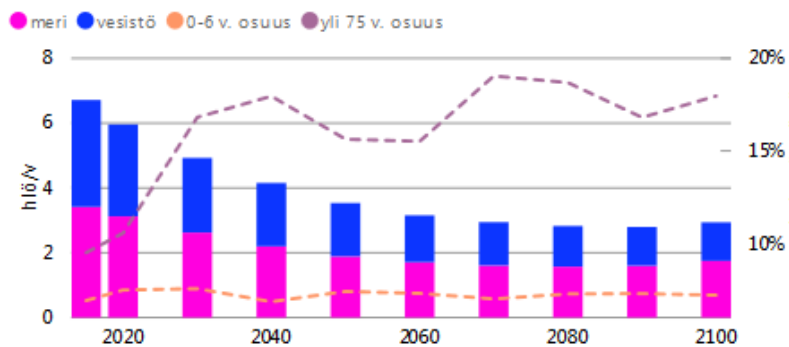
### Vuosivahingon odotusarvo (milj. €/vuosi)



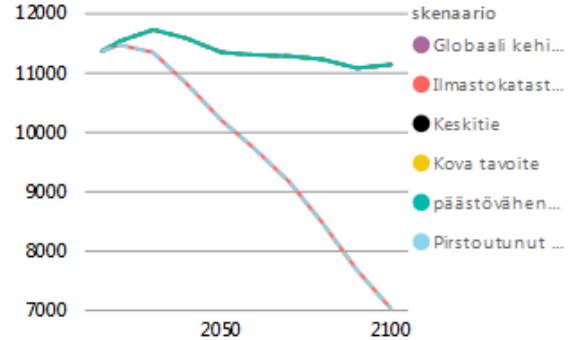
### Vuosivahingon odotusarvon muutos suhteessa vuoteen 2015 (%)

skenaario	2015	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Globaali kehitys	0	-4	-5	-3	-3	4	18	37	59	91
Ilmastokatastrofi	0	-12	-21	-20	-15	-5	11	35	74	140
Keskitie	0	2	-1	-10	-18	-24	-30	-34	-38	-40
Kova tavoite	0	-6	-10	-13	-17	-16	-8	4	17	37
päästövähennykset ensin	0	1	-5	-17	-28	-37	-46	-54	-61	-67
Pirstoutunut sopeutuminen	0	-15	-30	-35	-40	-43	-46	-48	-50	-50

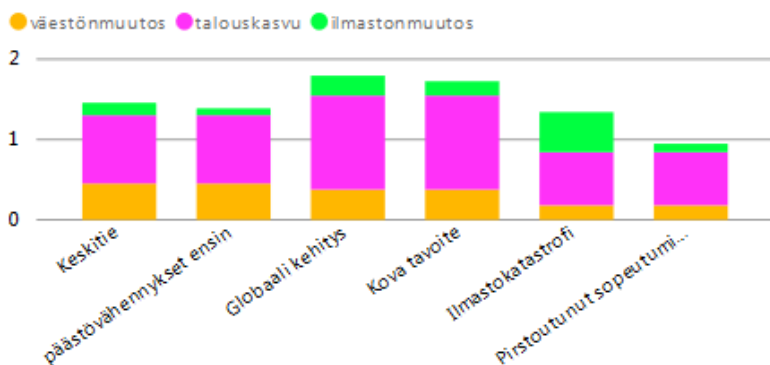
### Tulvalle altistuvien asukkaiden vuosittainen odotusarvo ja haavoittuvien ryhmien osuus



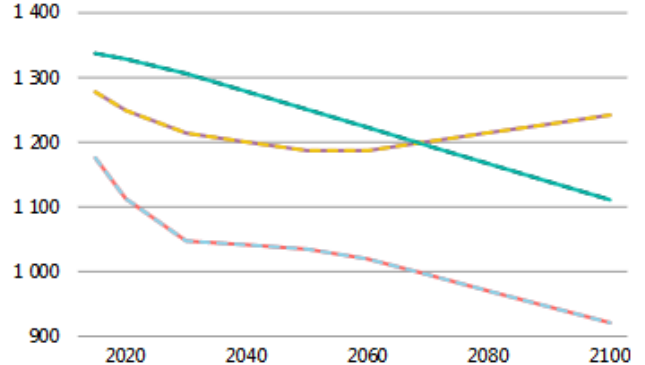
### Koko merkittävän alueen asukasmäärä (hlö)



### Tulvariskiä vaikuttavat tekijät eri skenaarioilla v. 2100 (milj.€/v)



### Tulvavaaran muutos (keskiylivirtaama, m<sup>3</sup>/s)



### Miten tulvariski muuttuu?

Tulvariskin arvioidaan pysyvän noin nykyisellään. Skenaarioiden välillä on eroja, mutta muutosten suuruus ei ole merkittävä.

### Mikä on suurin riskitekijä?

Suurimmat riskitekijät ovat talouskasvu sekä mahdolliset uudet kohteet tulvavaara-alueella ja ilmastomuutoksen myötä muuttuvat tulvat.

### Milloin on paras aika toimia?

Tulvariskin arvioidaan pysyvän noin nykyisellään. Tulvariskiarvioita kannattaa seurata ja tarvittaessa ryhtyä toimenpiteisiin.

### Miten riskeihin tulisi varautua?

Tehokkain tapa varautua on tulevaisuuden tulvat huomioon ottava alueiden käytön suunnittelu ja nykyisten tulvariskien hallinnan toimien jatkaminen.

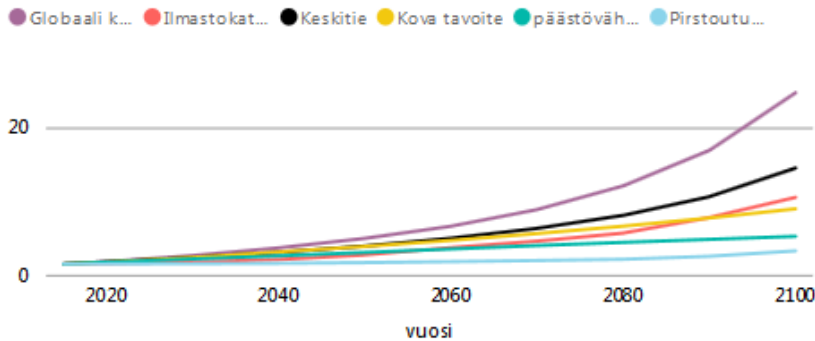
### Epävarmuudet?

Eniten epävarmuutta tuloksiin aiheuttaa talouskasvun epävarmuus sekä ilmastonmuutosskenaariot. Myös meritulvariskin laskeminen mukaan jopa yli kaksinkertaistaa taloudelliset riskiarviot. Eniten vaikutusta tällä on vuosisadan alussa ja pahimmilla skenaarioilla. Tulvien vuodenaikaisvaihtelu tai jäiden vaikutusta ei ole erikseen arvioitu.

## Tulvariskikortti

Turun rannikkoalue

### Vuosivahingon odotusarvo (milj. €/vuosi)



### Vuosivahingon odotusarvon muutos suhteessa vuoteen 2015 (%)

skenaario	2015	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Globaali kehitys	0	19	71	138	218	322	465	667	970	1461
Ilmastokatastrofi	0	5	17	38	78	140	195	264	396	568
Keskitie	0	19	56	100	153	220	304	415	574	819
Kova tavoite	0	15	57	102	150	201	259	323	392	471
päästövähennykset ensin	0	15	42	70	99	128	157	184	210	236
Pirstoutunut sopeutuminen	0	1	3	6	12	20	29	40	66	111

### Miten tulvariski muuttuu?

Tulvariskin arvioidaan kasvavan skenaariosta riippumatta. Turun rannikkoalue muuttuu riskieitään yhdeksi merkittävimmistä alueista vuosisadan lopulla.

### Mikä on suurin riskitekijä?

Suurimmat riskitekijät ovat meriveden pinnan nousu yhdistettynä mahdolliseen uuden asutuksen keskittymiseen rannikolle. Myös talouskasvu ja runsas rakentaminen lisäävät vahinkopotentiaalia.

### Milloin on paras aika toimia?

Tulvariskin arvioidaan kasvavan. Varautumisessa pitää ottaa jo nyt huomioon vuosisadan jälkipuoliskon tulvariskit.

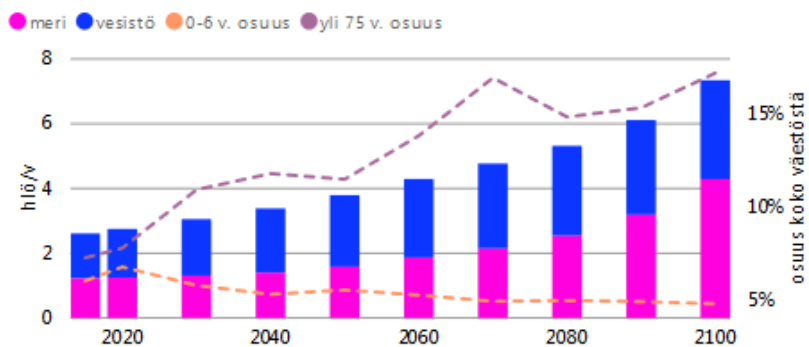
### Miten riskeihin tulisi varautua?

Tehokkain tapa varautua on tulevaisuuden merivesitulvat huomioon ottava alueiden käytön suunnittelu.

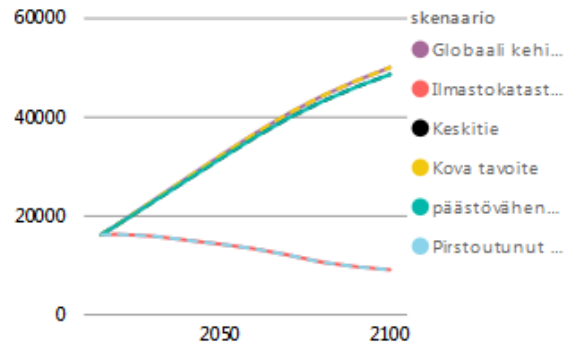
### Epävarmuudet?

Eniten epävarmuutta tuloksiin aiheuttaa merivesi-skenaarioiden sovitukset, talouskasvun epävarmuus sekä vesistötulvariskin laskeminen mukaan. Epävarmuutta aiheuttaa myös oletus, että tulevaisuudessa tulvavaara-alueen ja koko alueen asukasmäärät kasvavat samassa suhteessa kuin nykyisin.

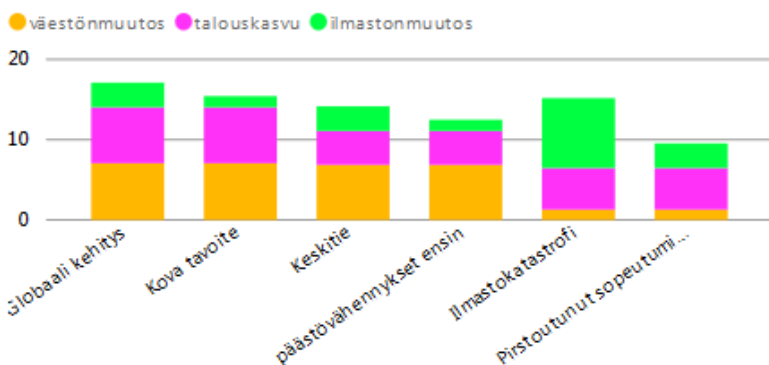
### Tulvalle altistuvien asukkaiden vuosittainen odotusarvo ja haavoittuvien ryhmien osuus



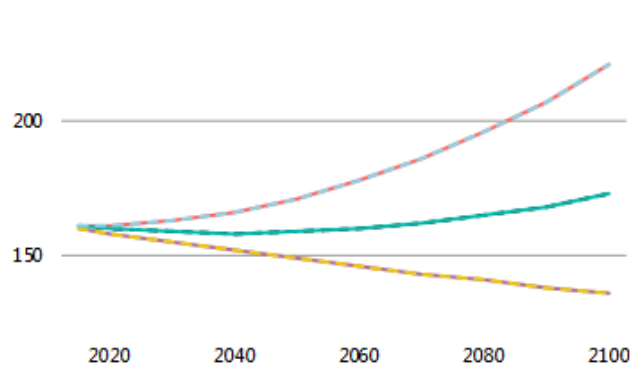
### Koko merkittävän alueen asukasmäärä (hlö)



### Tulvariskin vaikuttavat tekijät eri skenaarioilla v. 2100 (milj.€/v)



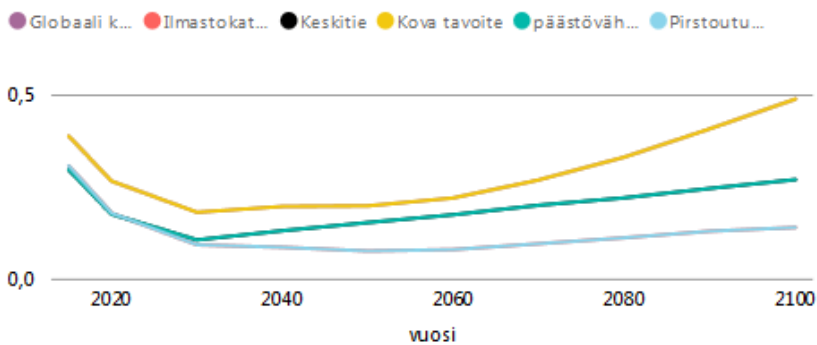
### Tulvavaaran muutos (1/100a meritulvan vedenkorkeus cm N2000)



## Tulvariskikortti

Ylistaro-Vähäkyrö

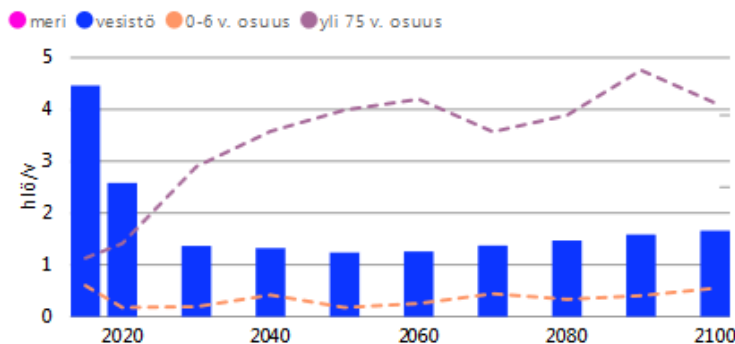
### Vuosivahingon odotusarvo (milj. €/vuosi)



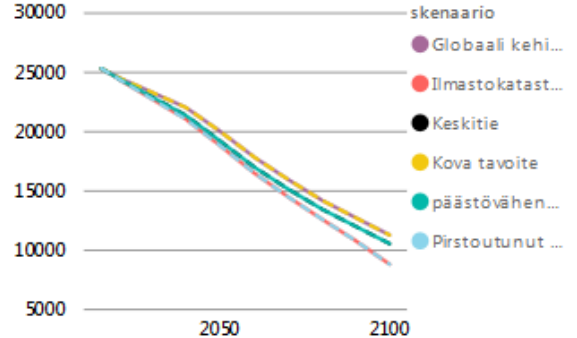
### Vuosivahingon odotusarvon muutos suhteessa vuoteen 2015 (%)

skenaario	2015	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Globaali kehitys	0	-31	-53	-49	-49	-43	-31	-15	5	26
Ilmastokatastrofi	0	-42	-69	-72	-75	-74	-68	-63	-58	-54
Keskittie	0	-40	-64	-56	-48	-41	-32	-26	-17	-9
Kova tavoite	0	-31	-53	-49	-49	-43	-31	-15	5	26
päästövähennykset ensin	0	-40	-64	-56	-48	-41	-32	-26	-17	-9
Pirstoutunut sopeutuminen	0	-42	-69	-72	-75	-74	-68	-63	-58	-54

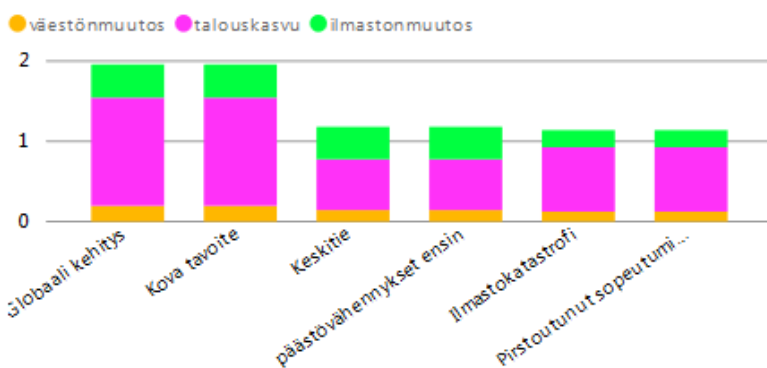
### Tulvalle altistuvien asukkaiden vuosittainen odotusarvo ja haavoittuvien ryhmien osuus



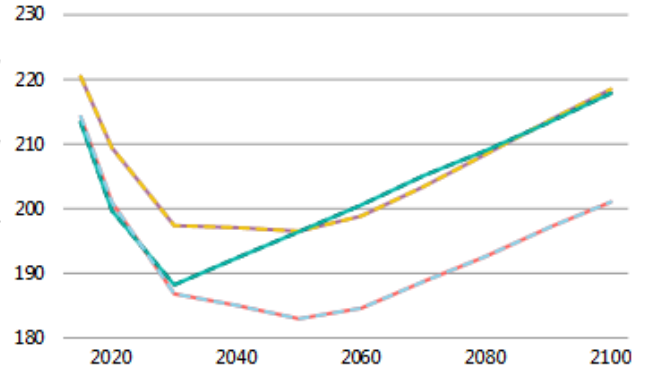
### Koko merkittävän alueen asukasmäärä (hlö)



### Tulvariskiäin vaikuttavat tekijät eri skenaarioilla v. 2100 (milj.€/v)



### Tulvavaaran muutos (keskiylivirtaama, m<sup>3</sup>/s)



### Miten tulvariski muuttuu?

Tulvariski ei muutu paljoa. Tulvariskin arvioidaan ensin hieman vähenevän ilmastonmuutoksen myötä, mutta lähtevän lievään kasvuun n. 2050.

### Mikä on suurin riskitekijä?

Suurin riskitekijä on talouskasvu, mutta myös ilmastonmuutos lisää riskiä erityisesti vuosisadan puolivälin jälkeen. Väestön määrän ennakoidaan vähenävän.

### Milloin on paras aika toimia?

Tulvariskin arvioidaan ensin jopa hieman vähenevän, mutta lähtevän kasvuun n. 2050 erityisesti virtaamien kasvun myötä. Vaikka negatiivinen väestökehitys vähentää riskiä, kasvavat virtaamat on otettava huomioon riskien hallinnassa.

### Miten riskeihin tulisi varautua?

Tehokkain tapa on varautua ilmastonmuutoksen vaikutuksiin tulvavaaraan.

### Epävarmuudet?

Eniten epävarmuutta tuloksiin aiheuttaa talouskasvun epävarmuus sekä ilmastonmuutosskenaariot. Tulvien vuodenaikavaihtelua tai jäiden vaikutusta ei ole erikseen arvioitu.







**ISBN 978-952-11-4983-2 (nid.)**

**ISBN 978-952-11-4984-9 (PDF)**

**ISSN 1796-1718 (pain.)**

**ISSN 1796-1726 (verkköj.)**