

Sään ja ilmaston- muutoksen aiheuttamat riskit Helsingissä



Helsinki

Kaupunkiympäristön julkaisuja 2018:6

Sään ja ilmastonmuutoksen aiheuttamat riskit Helsingissä

Karoliina Pilli-Sihvola, Riina Haavisto,
Ulpu Leijala, Sanna Luhtala, Antti Mäkelä,
Reija Ruuhela ja Athanasios Votsis
Ilmatieteen laitos

Julkaisija | Helsingin kaupunki / kaupunkiympäristön toimiala

Kannen kuva | Lauri Hänninen

Paino | Kopio Niini Oy

Painosmäärä | 200 kpl

ISBN | 978-952-331-422-1 (verkkoversio)

ISBN | 978-952-331-421-4 (painettu versio)

ISSN | 2489-4230 (verkkoversio)

ISSN | 2489-4222 (painettu versio)

Sisällys

1. Johtopäätökset ja tiivistelmä.....	4
1.1 Sään ja ilmastomuutoksen vaikutukset tulee ottaa huomioon päätöksenteossa ...	4
1.2 Tulvariski kasvaa	5
1.3 Talvien ilmasto muuttuu eniten.....	5
1.4 Kuumuuden aiheuttamat riskit lisääntyvät.....	6
1.5 Voimakkaiden tuulten ja rajuilmojen aiheuttama riski ei muutu merkittävästi	6
1.6 Puutiaisten levittämät taudit yleistyvät.....	7
1.7 Luonnon monimuotoisuutta uhkaavat monet tekijät.....	7
1.8 Heijastevaikutukset ulottuvat Helsinkiin	8
1.9 Riskien parempi hallinta edellyttää tietoa ja sopeutumistoimia	8
2 Ilmasto aiheuttaa rajoitteita kaupungin toiminnalle	11
3 Ilmatoriski on usean tekijän summa	14
4 Helsingin tärkeimmät ilmatoriskit liittyvät tulviin ja talviolosuhteisiin	17
5 Helsingin ilmastoperäiset tulvariskin aiheuttajat ovat hulevedet, meri ja vesistöt	21
5.1 Hulevesitulvat aiheutuvat Helsingissä pääasiassa rankkasateista.....	22
5.2 Ilmastomuutos kasvattaa merivesi- ja vesistötulvariskiä	35
5.3 Tulviin liittyvät jatkoselvitystarpeet.....	43
6 Talvien ilmasto muuttuu eniten	44
6.1 Liukastumistapaturmat lisääntyvät nollakeleissä.....	44
6.2 Tieliikenteessä tulee jatkossakin varautua lumipyryyn ja liukkauteen.....	48
6.3 Sumu lisääntynee syksyisin ja vaikeuttaa liikennesektoria	51
6.4 Ilmastomuutos pimentää talvia ja vaikeuttaa kaamosoireita	52
6.5 Vesisade talvella lisää ravinnekuormitusta vesistöihin.....	52
7 Kuumuus ja kylmyys lisäävät riskiä kuolla ennenaikaisesti	53
7.1 Ilmastomuutos nostaa kesän korkeimpia lämpötiloja	54
7.2 Lämpösaarekeilmiö lisää kuumuudesta aiheutuvaa terveysriskiä.....	54
7.3 Kesän 2010 helleaalto lisäsi kuolleisuutta	56
7.4 Kuumuuden aiheuttama terveysriski on suurin ilmastoimattomissa tiloissa olevilla ikääntyneillä	56
7.5 Helleaaltojen aiheuttama riski kasvaa ja kylmyyden aiheuttama pienenee	61
7.6 Sopeutumistoimissa tulisi keskittyä vähentämään helleaaltojen vaikutuksia	62
7.7 Helleaaltoihin liittyviä jatkoselvitystarpeita	62

8 Voimakkaan tuulen ja rajuilman aiheuttama riski on pienehkö	64
8.1 Tuulet ja ukkoset muuttunevat vähän.....	64
8.2 Kiira-rajuilma 2017 vaurioitti puita ja jonoutti hätänumeron.....	65
8.3 Suurin osa Helsingin sähkölinjoista maakaapeloitu	66
8.4 Tuulien ja myrskyjen aiheuttama riski ei muuttune paljoa	66
9 Riskejä tuovat myös taudit ja ekologiset muutokset	67
9.1 Eläin- ja vesivälitteiset tautiriskit riippuvat säästä ja ihmisten käyttäytymisestä.....	67
9.2 Kasvitautilien riski lisääntyy ilmaston muuttuessa	68
9.3 Itämeri on altis muutoksille	68
9.4 Kuivuus aiheuttaa ekologisia vaikutuksia – metsäpaloriski on hyvin pieni.....	70
9.5 Muuttuvat olosuhteet ja vieraslajit voivat uhata ekosysteemejä.....	72
10 Heijastevaikutuksissa on tärkeää keskittyä huoltovarmuuteen	74
11 Kustannustehokkuus on tärkeää valittaessa sopeutumistoimia.....	76
12 Hyväksytty riskitaso ohjaa päätöksentekoa	78
Lähteet	79
LIITE 1 Työn laatimiseen osallistuneet tahot.....	90
LIITE 2 Menetelmät	91
LIITE 3 Compact of Mayors -sopimuksen vaaratekijälista	92

1. Johtopäätökset ja tiivistelmä

Tämä raportti kokoaa yhteen tuoreimman tutkimustiedon ja kaupungin asiantuntijoiden näkemykset Helsinkiin vaikuttavista keskeisimmistä säähän ja ilmastomuutokseen liittyvistä riskeistä. Työssä on hyödynnetty jo aiemmin tehtyjä sää- ja ilmastoriskiarvioita, tuotettu uutta tietoa sekä tunnistettu tietoaukot, jotka tulisi mahdollisuuksien mukaan täyttää. Raportti esittää sää- ja ilmastoriskiarvion koko kaupungin tasolla. Se tarjoaa tietoa kaupungin yleisen tason suunnitteluun ja tarkempien tietotarpeiden määrittelyyn.

1.1 Sään ja ilmastomuutoksen vaikutukset tulee ottaa huomioon päätöksenteossa

Helsingin visiona on olla *maailman toimivin kaupunki*¹. **Toimivassa kaupungissa pitää ottaa huomioon** myös sääilmiöiden ja ilmastomuutoksen aiheuttamat vaikutukset ja pyrkiä vähentämään niitä. Vaikutukset ulottuvat yhteiskunnan toimintakykyyn, talouteen, luontoon ja ihmisten arkipäivään. Sää ja ilmasto asettavat monia rajoitteita Helsingin kaupungin toiminnalle ja aiheuttavat vaikutuksia kaupungissa toimiville ihmisille ja organisaatioille. Muuttuva ilmasto aiheuttaa myös lisähaasteita. Nykyiseen ilmastoomme verrattuna keskilämpötilojen ennustetaan nousevan Helsingissä useilla asteilla. Muutokset äärimmäisissä lämpötiloissa ja niiden kestoissa sekä rankkasateiden voimistuminen vaikuttavat monin tavoin yhteiskuntaan. Lisäksi sekä kotimaassa Helsingin ulkopuolella että Suomen rajojen ulkopuolella tapahtuvien sää- ja ilmastovaihteluiden ja ilmastomuutoksen vaikutukset voivat heijastua Helsinkiin ja osoittautua merkittäviksi.

Kasvava ilmastoriski tulisi integroida päätöksenteon kaikille eri tasoille tilanteissa, joissa se on relevanttia. Merkittävä rooli riskien vähentämisessä on kaavoituksella ja rakentamisella. Vaikka varautumis- ja sopeutumistoimia on Helsingissä toteutettu jo runsaasti, erityisesti hulevesitulvariskin vähentämistä jo rakennetuilla alueilla ja täydennysrakentamisessa olisi tarkasteltava perusteellisesti. Kaupunkivihreän ja muun rankkasadevesiä imevien ja viivästyttävien pintojen käyttöä tulisi arvioida tarkoin. Kaupunginosien tulvareitit tulisi myös suunnitella siten, että tulva-vedet poistuvat alueelta hallitusti. Kaupunkivihreä vähentää myös helteiden aiheuttamaa tukalaa oloa. Helleaaltojen aiheuttama riski on Helsingissä kasvamassa tiivistyvän kaupungin ja nousevien keskilämpötilojen johdosta. Eri toimien kustannustehokkuus tulisi arvioida huolellisesti, ja eri toimien elinkaarikustannukset tulisi selvittää ennen toimeenpanoa.

Helsingin tärkeimmät riskiä aiheuttavat ilmastolliset vaaratekijät ovat todennäköisesti tulvat sekä äärimmäiset talviolosuhteet. Lisäksi luontoon kohdistuvat riskit ovat huomattavia, erityisesti Helsingin luontoon muutenkin kohdistuvien paineiden vuoksi. Seuraavassa käsitellään tiivistetysti raportissa tarkemmin esitellyt ilmastomuutoksen johdosta muuttuvat ilmastolliset muuttujat ja esitetään niiden aiheuttamia riskejä Helsingille.

¹ Helsingin kaupunki, 2017 <https://www.hel.fi/static/helsinki/kaupunkistrategia/kaupunkistrategia-2017-2021.pdf>

1.2 Tulvariski kasvaa

Helsingissä ei vuonna 2011 tehdyn selvityksen perusteella ole merkittäviä hulevesitulvariskialueita. Tiivistyvän kaupungin ja ilmastonmuutoksen vuoksi **voimistuvien rankkasateiden seurauksena hulevesitulvariski Helsingissä todennäköisesti kasvaa**. Kaupungin tiivistyessä vettä läpäisemätön maapinta-ala kasvaa, joten hulevesien hallintaan täytyy kiinnittää entistä enemmän huomiota kaikkialla. Suuria vahinkoja aiheuttavan rankkasadetulvan todennäköisyys on suurin kantakaupungissa. Sen alueella on vähemmän vettä imevää pintaa, esimerkiksi puistoja ja muuta kaupunkivihreää, kuin muualla kaupungissa, ja rakennustiheys on suurinta. Lisäksi hulevesitulvien riskiä Helsingissä lisäävät laajat maanalaiset tilat ja toiminnot. Hulevesien päästessä tunneleihin moni tärkeä toiminto, kuten energiahuolto, on vaarassa. Kantakaupungissa taloudelliset, yhteiskunnalliset ja terveydelliset vaikutukset äärimmäisen poikkeavasta rankkasateesta voivat nousta suuriksi. Kantakaupungin hulevesitulvariskin ja rankkasateiden leviäminen vaatii kuitenkin tarkempaa mallintamista kuin tämän riskianalyysin puitteissa oli mahdollista. Vaikka hulevesitulvalle altistutaan eniten kantakaupungissa, niin ihmisten haavoittuvuus hulevesitulvien vaikutuksille on suurinta Etelä-Vuosaassa, Länsi-Herttoniemessä, Roihuvuoressa, Viikissä, Vallila/Itä-Pasilassa, Maunula-Suursuolla sekä Pohjois-Meilahdessa. Tarkempi ja päivitetty hulevesitulvariski Helsingille tehdään vuoden 2018 aikana.

Meri- ja vesistötulvariskin hallitsemiseen on Helsingissä panostettu paljon. Vuoden 2005 meritulvan jälkeen tehtiin muun muassa tulvastrategia ja selvitys, jonka perusteella toteutettiin tulvasuojastoimia riskikohteissa. **Ilmastonmuutoksen johdosta nouseva meriveden pinta lisää meritulvariskiä jonkin verran**. Uusilla asuinalueilla riski huomioidaan jo rakennusvaiheessa, mutta vanhoilla merenranta-alueilla riski on suurempi. Riskiä on kuitenkin vähennetty Helsingissä monella eri tavalla. Helsingin meritulvariskialueilla ei asu paljon ihmisiä, joten altistuminen on melko pientä. Meritulvariskiin vaikuttaa merkittävästi kiinteistöjen omatoiminen varautuminen. **Vesistötulva Helsingissä aiheutuu rankkasateista ja lumen sulamisesta**. Tulvivia vesistöjä ovat erityisesti Vantaanjoki ja pienet purot. Vesistötulvat ovat kasteelleet omaisuutta, hetkellisesti haitanneet alueiden virkistyskäyttöä sekä lisänneet ravinteiden ja muiden epäpuhtauksien valumista vesistöihin. **Ilmastonmuutoksen arvioidaan lisäävän vesistötulvien esiintymistä myös talvisin**.

1.3 Talvien ilmasto muuttuu eniten

Vuodenajoista ilmastonmuutos muuttaa Helsingissä eniten talvia. Talvella lämpötilojen nousu on suurinta, sademäärät ja pilvisuus kasvavat ja yhä suurempi osa sateesta tulee vetenä. Esimerkiksi tammi- ja helmikuu ovat keskimäärin noin kaksi astetta lämpimämpiä vuonna 2050 kuin vuosina 1971–2000, ja maaliskuun keskilämpötila nousee nollan yläpuolelle. Helsingin talvista tulee entistä pimeämpiä ja kosteampia, erittäin kylmät jaksot ovat entistä harvinaisempia, ja Suomenlahden jääpeitteen paksuus ja laajuus pienenee.

Liukkaat kelit aiheuttavat merkittävän terveysriskin sekä taloudellisia vaikutuksia. Jalan- kulkijoiden liukastumistapaturmien riski moninkertaistuu, kun entuudestaan jäiselle jalkakäytävälle sataa vettä tai lunta. Vaikka ilmastonmuutoksen seurauksena Helsingissä talvikausi lyheneekin, niin lähivuosisikymmeninä liukkaat olosuhteet voivat yleistyä keskitalvella lämpötilan vaihdellessa nollan molemmin puolin. Tämä lisää onnettomuuksien mahdollisuutta, tarvetta lisätä liukkaudentorjuntaresursseja ja mahdollisesti kaatuneille maksettavia korvaussummia. Liukkaat kelit on otettava huomioon myös talvipyöräilyn kohdalla, sillä Helsingin kaupungin tavoitteena on edistää talvipyöräilyä ja kehittää pyörävylien talvihoidon menetelmiä.

Ilmastonmuutoksen myötä talvikauden kesto lyhenee, mutta liikenteessä ja kunnossapidossa pitää edelleen varautua voimakkaisiin lumipyryihin. Lumisateet, joissa tulee päivän aikana yli kuusi senttimetriä lunta, harvinaistuvat, mutta runsaiden lumisateiden (yli 10 cm/vrk) määrä voi päinvastoin olla vähän nykyistä suurempi. Jäätävä sade on Suomen ilmastossa hyvin harvinainen tapahtuma, jossa vesi on alijäähtynyttä. Jäätävien sateiden todennäköisyys lisääntyy ilmastonmuutoksen johdosta jonkun verran, mikä voi Helsingissä lisätä liukkaita. Liikenteen teknologia kehittyy kovaa vauhtia, ja vuonna 2050 voikin olla, että autot ovat pääosin itseohjautuvia. Siten muuttuvien talviolosuhteiden vaikutuksia esimerkiksi onnettomuusriskiin on vaikea arvioida.

Ilmastonmuutos vähentää auringonvalon määrää talvikuukausina, mikä voi johtaa vaikeutuviin kaamosoireisiin. Kaamosoireet altistavat myös fyysisille sairauksille, kuten metabolisen oireyhtymän riskille.

Talvisten vesisateiden odotetaan lisääntyvän ilmastonmuutoksen vuoksi. **Sateiden tuleminen vetenä lumen sijaan saattaa aiheuttaa muun muassa hulevesiongelmia ja lisätä liukastumisriskiä.** Ravinnekasvuston vesistöihin kasvaa lisääntyvien talvisateiden myötä. Talvella haihdunnan vähäisyys lisää vaikutuksia kesään verrattuna. Lisäksi liukastumiset ja muut liikennehaitat lisääntyvät, mikäli vesisateen jälkeen tulee pakkasta.

1.4 Kuumuuden aiheuttamat riskit lisääntyvät

Kuumuus vaikeuttaa oireita monilla kroonisesti sairailta ja lisää erityisesti yli 75-vuotiaiden riskiä kuolla ennenaikaisesti. Korkeat lämpötilat kesällä yleistyvät samassa suhteessa kuin keskilämpötilakin: näin ollen vuosisadan puolivälissä 32 asteen lämpötiloja esiintyisi suurin piirtein yhtä usein kuin 1900-luvun lopulla esiintyi 30 asteen lämpötiloja (mikäli päästöt seuraavat RCP4.5-skenaariota eli Pariisin ilmastopöytäkirjasta toteutetaan kohtuullisesti). **Ihmisten ikääntyessä ja vanhustyön siirtyessä entistä enemmän kotihoitoon onkin odotettavissa, että myös helleaaltojen aiheuttama terveysriski kasvaa.** Tähän voidaan reagoida varautumalla tilanteeseen terveydenhuollossa ja vanhustenhoidossa. **Kylmyyden aiheuttama terveysriski pienenee ilmastonmuutoksen myötä, mutta se ei poistu kokonaan.** Riskiryhmien pitää edelleen varautua koviin pakkasiin.

1.5 Voimakkaiden tuulten ja rajuilmojen aiheuttama riski ei muutu merkittävästi

Helsingissä voimakkaat tuulet ja rajuilmat eivät aiheuta juurikaan sähkökatkoja, sillä Helen Sähköverkon maakaapelointiaste on 96 prosenttia. Rajuilmat aiheuttavat kuitenkin vaikutuksia Helsingin metsäalueille ja puistoille. Esimerkiksi kesän 2017 rajuilma kaatoi tai vaurioitti noin 10 000:ta puuta, ja pystyyn jäi puuta, jotka ovat sijainniltaan alttiina uusille tuhoille. Helsingissä on myös paljon merkittäviä yleisötapahtumia, joista kesällä moni on ulkona. Veneily on myös kovalle tuulelle herkkää, ja kova tuuli voi yllättää veneilijän.

Voimakkaiden tuulien ja rajuilmojen aiheuttama riski ei välttämättä tule muuttumaan ilmastonmuutoksen vuoksi merkittävästi. Routaisuuden väheneminen talviaikaan lisää kuitenkin puiden altistumista koville tuulille. Helsingissä ja Helsingin rannikkoseuduilla keskimääräisten tuulten nopeudet ovat viime vuosikymmenien aikana hieman heikentyneet. Il-

mastoskenaarioiden perusteella keskimääräiset tuulennopeudet kasvavat Helsingissä muutamana prosentina. Kovien tuulien ja rajuilmojen toistumistiheyden arvioidaan kasvavan jonkin verran tulevaisuudessa, mutta muutokset jäävät pieniksi.

1.6 Puutiaisten levittämät taudit yleistyvät

Sää- ja ilmasto-olosuhteet vaikuttavat puutiaisten esiintymiseen ja aktiivisuuteen. **Ilmaston lämpeneminen todennäköisesti suosii puutiaisten ja niiden välittämien tautien yleistymistä kasvukauden pidentyessä.** Helsingissä puutiaisten aiheuttama tautiriski on suurin saaristossa. Puutiaisia löytyy kuitenkin lähes kaikkialta, mutta Helsingille ei löydy tarkkaa lukua siitä, kuinka suuri osa puutiaisista kantaa taudinaiheuttajia. Suomessa 15–20 % puutiaisista kantaa borreliosia ja noin 1,5 % TBE:tä eli puutiaisaivotulehdusta. Helsingissä raportoidaan vuosittain useita borreliositapauksia, ja TBE-tapaukset ovat lisääntyneet HUS:n alueella vuodesta 2010. Helsingin edustan saarilla puutiaiset kantavat puutiaisaivotulehdusta, jota vastaan on rokote. Borreliosia vastaan ei ole rokotetta, mutta sitä voidaan hoitaa antibiooteilla. Näiden tautien tarttuminen ihmisiin liittyy pitkälti ihmisten käyttäytymiseen, varsinkin vapaa-ajan harrastuksiin.

1.7 Luonnon monimuotoisuutta uhkaavat monet tekijät

Helsingissä ilmastonmuutoksen luontovaikutuksia täytyy tarkastella yhdessä kaupunkikehityksen kanssa. Tiivistyvä kaupunki vähentää viheralueiden määrää ja vaikuttaa niiden ekologiseen laatuun heikentävästi. Kaupungeissa luonnonsuojelualueet ovat pieniä ja viherverkosto epäyhdenäinen ja häiriöitä on siten paljon. **Talvien nopea muuttuminen muuttaa monien kasvilajien elinolosuhteita. Merkittävä riski onkin, että tietyt lajit eivät pysty sopeutumaan ja siirtymään uusille alueille.** Vielä ei tiedetä, miten lajien häviäminen vaikuttaa luontotyyppeihin ja ekosysteemien toimintaan.

Ilmastonmuutoksen johdosta kasvitaudit ja tuhohyönteiset leviävät entistä todennäköisemmin kaupunkipuihin. Ilmastonmuutos lisää uusien kasvitautien ja tuholaisien leviämistä. Sitä voidaan ehkäistä laajentamalla puistokasvien ja kaupunkipuiden lajivalikoimaa sopimaan paremmin muuttuviin ilmasto-oloihin. Ilmastonmuutoksen vaikutusta vieraslajiriskiin Helsingissä ei ole tutkittu yksityiskohtaisesti. Haitalliset vieraslajit ja niiden torjunta aiheuttavat nyt ja tulevaisuudessa merkittäviä kustannuksia kaupungin ylläpidossa.

Ilmastonmuutos vaikuttaa Itämeren luonnon monimuotoisuuteen, ja vieraslajit vakiintuvat Itämereen aiempaa helpommin. Eliöiden maantieteelliseen levinneisyyteen vaikuttaa myös Itämeren suolaisuus, joka saattaa laskea lisääntyvän sateisuuden takia. Suolaisuuden väheneminen voi uhata niin sanottuja avainlajeja, joiden olemassaolosta useat muut lajit ovat riippuvaisia. Ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden nousu voimistaa puolestaan hiilen liukenemista meriveteen, jolloin vesi happamoituu. Hapan vesi liuottaa kalsiumyhdisteitä ja haittaa kalkkitukirankaisten eliöiden kasvua, mikä vaikuttaa ravintoketjuihin. Ilmaston lämpeneminen saattaa voimistaa rehevöitymistä, joka aiheuttaa Itämeressä mm. veden samenumista ja pohjakerroksen hapettomuutta. Lisäksi se lisää rihmaleviä, jotka syrjäyttävät muita lajeja. Suomenlahdella lämpötilan nousu, meriveden kerrostuneisuuden lisääntyminen ja fosforin vapautuminen pohjasta voivat lisätä myrkyllisten sinileväkukintojen määrää, ellei ravinnekuormitusta maalta saada hillittyä. **Vuosisadan lopulla suurin osa Suomenlahtea on keskimääräisenä talvena jäättömänä, koska Itämeren jäätalvien pituus lyhenee keskimäärin 1–3 kuukautta nykyisestä. Tämä vaikuttaa sekä Itämeressä asuviin eliöihin että laivaliikenteeseen.**

1.8 Heijastevaikutukset ulottuvat Helsinkiin

Heijastevaikutuksilla tarkoitetaan sää- ja ilmastovaihteluiden ja ilmastomuutoksen vuorovaikutusketjuja, jotka alkavat Suomen rajojen ulkopuolelta mutta jotka ulottuvat lopulta aina Suomeen saakka. Myös muualla Suomessa tapahtuvat vaikutukset voivat heijastua Helsinkiin esimerkiksi maatalouden kautta. **Heijastevaikutukset ilmenevät erityisesti raaka-aineiden ja tuotantoteijöiden saatavuudessa ja hinnoissa sekä vientimarkkinoiden kysynnässä.** Helsingin huoltovarmuus (energia, ruoka ym.) on erittäin riippuvainen muualla tapahtuvasta tuotannosta ja teollisuudesta. Hyödykkeiden saatavuus ja hintojen äkillinen nousu esimerkiksi laajamittaisen kuivuuden vuoksi voi vaikuttaa merkittävästi matalatuloisiin kaupunkilaisiin. Myös energiasektorin tuonnilla on Suomessa erittäin suuri merkitys, ja siirtoyhteyksien kehittyessä heijastevaikutusten mahdollisuus kasvaa entisestään.

Ilmastomuutoksen aiheuttamaa muuttoliikettä on vaikea arvioida, sillä taustalla on yleensä aina myös esimerkiksi poliittisia ja taloudellisia syitä. Jatkuessaan pitkään muuttoliike voi kuitenkin vaikuttaa eri tavoin väestörakenteeseen ja kulttuuriin Suomessa. Terveydelliset heijastevaikutukset voivat syntyä ilmastomuutoksen vahvistamien tautien kulkeutuessa Suomeen, tai ilmastomuutoksen aiheuttaman muuttoliikkeen mukana. Myös kansainvälinen kauppa voi tuoda taudinaiheuttajia Suomeen. **Matkailu Helsinkiin voi lisääntyä, sillä Suomi on tunnistettu maaksi, jonka kiinnostavuus matkailukohteena voi kasvaa ilmaston muuttuessa tai turvallisuustilanteen heikentyessä muualla. Pitkän aikavälin taloudellisia heijastevaikutuksia on vaikea arvioida.** Ilmastomuutoksen on arvioitu laskevan globaalia bruttokansantuetta, joka heijastuu myös Helsinkiin. Tällä voi olla monenlaisia vaikutuksia kaupungin toimintaan. Kansainvälisten rahoitusmarkkinoiden reaktiota muuttuvaan ilmastoon on vaikea arvioida.

1.9 Riskien parempi hallinta edellyttää tietoa ja sopeutumistoimia

Ilmastomuutoksen aiheuttamat riski on Helsingissä otettava huomioon kaikilla tasoilla. Monia varautumis- ja sopeutumistoimia on jo toteutettu. Edelleen on kuitenkin osa-alueita, joissa kasvava riski tulee ottaa huomioon entistä paremmin. Erityisesti tulisi kehittää hulevesiriskin ja kuumuuden aiheuttaman terveysriskin sekä luontoon kohdistuvien vaikutusten hallintaa.

Helsingin **hulevesitulvariski** on monen tekijän summa, joista lisääntyvä sateisuus on vain yksi tekijä. Kasvava hulevesitulvariski erityisesti kantakaupungissa tulee mallintaa huolellisesti. Mallinnuksen perusteella tulee miettiä keinoja, kuinka riskiä voidaan vähentää. Lisäksi tulee varmistaa, että eri toimijat ovat varautuneita tilanteeseen. Riski pitää ottaa huomioon myös täydennysrakentamisessa. Uusille alueille tulisi tehdä hulevesiselvitykset jo kaavoituksen yhteydessä. Lisäksi pitäisi selvittää vaihtoehtoisten hulevesien hallintamenetelmien, eli käytännössä hulevesiä imevien viherrakenteiden, käyttöä ja rohkaista toimijoita niiden käyttöön. Hulevesien hallinnalle pitäisi olla selkeä toteutushetki, toteuttaja ja budjetti. Tulvariskikarttoja tulisi myös päivittää säännöllisesti, ja niiden tulisi sisältää muun muassa valuma-alueajat ja tehdyt sopeutumistoimet. Hulevesien mallinnuksen voisi toteuttaa Helsingin 3D-mallilla. Mallissa olisi otettava huomioon viemärien tulviminen ja hulevesien luonnonmukainen hallinta.

Kuumuuden ja helteiden aiheuttamaa riskiä on tutkittu Helsingissä vielä vähän, ja niihin liittyviä tietotarpeita on paljon. Rakennusten toimivuutta myös helleaaltojen aikana tulisi selvittää sekä uudis- että korjausrakentamisessa. Erityisesti pitäisi tutkia jäähdytysjärjestelmiä, niiden energiatehokkuutta ja kustannusvaikutuksia. Helleaaltoihin varautumisen taso vanhustenhoitodossa, erityisesti vanhusten ollessa kotona tulisi arvioida ja kehittää toimenpiteitä, joita otetaan käyttöön helleaallon aikana.

Lämpösaarekeilmiötä on tutkittu Helsingissä myös melko vähän. Sen muuttuminen kehittyvän ja tiivistyvän Helsingin seurauksena tulisi arvioida. Lisäksi tulisi selvittää, millä toimin siitä aiheutuva riskiä voidaan pienentää. Riskiä vähentäviä toimia kaupunkisuunnittelussa on esimerkiksi kaupunkivihreä, mutta sen mahdollisuudet lämpösaarekkeiden viilentämiseksi ja ilmastonmuutoksen vaikutusten vähentämiseksi on Helsingissä vielä arvioimatta. Lisäksi tulisi tutkia rakennusten lämpöhukka talvisin ja sen vaikutus lämpösaarekeilmiöön. Lämpösaarekeilmiön muuttuminen ilmastonmuutoksen johdosta on monimutkainen tutkimusaihe, sillä suurin syy ilmiön taustalla on kaupunkikehitys. Ilmastonmuutos voi kuitenkin epäsuorasti vaikuttaa lämpösaarekkeeseen. Näitä epäsuoria vaikutuksia on tutkittu tähän mennessä vähän. Niiden paremman ymmärtämisen kautta voitaisiin arvioida paremmin sopeutumistoimien tarpeellisuutta.

Helsingissä erityisesti runsaat **liikennemäärät** vaikuttavat liikennesuuhkien ja kolareiden määriin. Merkittävä tekijä on myös ihmisten käyttäytyminen lumipyryn aikana. Omalla autolla töihin tulo lisää liikenteen määrää teillä, ja ajotyyli joka ei ota huomioon säätilannetta lisää kolareiden riskiä huomattavasti. Raideliikenteen mahdollisesti kasvava osuus joukkoliikenteestä Helsingissä voi lisätä lumipyryihin liittyvää riskiä. Pitkäaikaisia vaikutuksia voi tulla, mikäli esimerkiksi pelastustoimella ja terveydenhuollossa ei ole riittävästi resursseja mahdollisissa ketjukolaritilanteissa, ja ihmisten pääsy hoitoon viivästyy.

Talvikelien aiheuttamia riskejä liikenteelle voidaan vähentää seuraavilla toimilla:

1. Nopeusrajoitusten laskeminen. Se vähentänee ketjukolareita tai niissä tapahtuvia vahinkoja.
2. Liukkauden torjunta ja lumen poisto. Erityisesti pitäisi huolehtia jalankulku- ja pyöräväylien aurauksesta, etteivät jalankulkijat ja polkupyöräilijät joudu siirtymään autotielle. Kaupungissa lumen auraaminen vaatii tilavaroituksia lumelle, mikä pitäisi ottaa huomioon myös kaavoituksessa. Esimerkiksi viheralueita voidaan käyttää lumen kasaamiseen talvisin.
3. Kelivaroitukset, reaaliaikaiset varoitukset ja turva-autot. Ne lisäävät kuljettajien varautumista tilanteeseen.
4. Tiedottaminen julkisen liikenteen palveluista ja niiden käyttötavoista
5. Etätöiden suosiminen
6. Älyliikenteen tarjoamia keinoja tulevaisuudessa ovat esimerkiksi talvinopeusrajoitusten säätely taajamissa ja reaaliaikaisen informaation tarjoaminen olosuhteista, muuttuvista nopeuksista ja ajoreittien poikkeavista tilanteista.

Liukastumisriskien vähentämisessä on tärkeää ihmisten oma varautuminen. Siihen voidaan merkittävästi vaikuttaa tiedottamisella. Lisääntyvän maahanmuuton vuoksi tiedottamista kannattaisi tehdä myös englanniksi ja mahdollisesti myös muilla kielillä. Tiedottamisen lisäksi kaupunki voi myös jakaa asukkaille liukuesteitä ja tarjota kenkien nastoituspalvelua.

Ekologisia riskejä yhdistettynä kaupungin muuttumiseen on Helsingissä tutkittu vähän, ja näitä riskejä tulisikin tutkia enemmän. Ekologisiin riskeihin voidaan yleisesti sopeutua havainnoimalla luonnossa tapahtuvia muutoksia entistä tarkemmin ja pitämällä huolta lajiston monipuolisuudesta. Vieraslajien torjunnassa ennaltaehkäisy on kustannustehokkaampaa ja ympäristöystävällisempää kuin jo syntyneiden haittojen korjaaminen ja lajien torjunta niiden jo vakiinnuttua Helsinkiin.

Heijastevaikutuksiin liittyvät riskit Helsingissä pitäisi selvittää tarkasti. Heijastevaikutuksia tarkasteltaessa ei pitäisi keskittyä vain Suomen rajojen ulkopuolelta tuleviin vaikutuksiin. Lisäksi tulisi arvioida, kuinka riippuvainen Helsinki on muun Suomen ilmastonmuutokselle alttiina olevasta toiminnasta. Varautumalla yleisesti poikkeustilanteisiin parannetaan myös mahdollisuuksia varautua ilmastonmuutoksen aiheuttamiin heijastevaikutuksiin.

Helsingin kaupungilla on merkittävä rooli **riskiviestinnässä**, sillä asukkaiden ja kaupungin muiden toimijoiden varautuminen poikkeusoloihin on ensisijaisen tärkeää. Merkittäviä vaaratilanteita Helsingissä aiheuttavat tavallisimmin liukkaus ja lumipyryt. Kaupunkilaisten varautuminen muihin sään tai ilmaston vaihtelun aiheuttamiin poikkeustilanteisiin ei välttämättä ole parhaalla mahdollisella tasolla. Esimerkiksi hulevesitulvariskiin varautumista tulisi lisätä ja ihmisiä tulisi opastaa, kuinka toimia tilanteissa, joissa perusinfrastruktuuri ja elintärkeät toiminnot eivät toimi. Helsingillä on käytössään viestintävälineinä esimerkiksi kansalaisille jaettava tulvaohje sekä Helsingin turvasivut (<https://www.hel.fi/turva/fi/varautuminen/>), jonne pitäisi lisätä tietoa siitä, miten asukkaat voivat varautua myös sään aiheuttamiin poikkeustilanteisiin.

Riskienhallinta- ja sopeutumistoimien taloudellisen tehokkuuden pitäisi olla tärkeä kriteeri sopeutumistoimia valittaessa. Esimerkiksi kustannus-hyötyanalyysiä ei kuitenkaan juuri käytetä Helsingissä sopeutumistoimia arvioitaessa. Tarve sille on kuitenkin tunnistettu. Toinen keskeinen menetelmä on toimien elinkaarikustannusten arviointi. Siinä arvioidaan eri toimien investointi- ja vaihtoehtoiskustannukset, jotka ovat erisuuruisia eri toteutusvaiheissa. Esimerkiksi uuden asuinalueen viheralueiden alkuinvestointi- ja vaihtoehtoiskustannukset ovat käytännössä suuremmat kuin hulevesiputkien. Kuitenkin pitkällä aikavälillä, muun muassa ilmastonmuutoksen vuoksi lisääntyvän epävarmuuden takia, viheralueiden elinkaarikustannukset saattavat olla hulevesiputkien uudelleenmitoitusta alhaisemmat.

Ilmastonmuutoksen aiheuttamien vaikutusten lisääntyessä Helsingin kaupungin eri toimijoiden on entistä enemmän kiinnitettävä huomiota näiden vaikutusten vähentämiseen.

Muun muassa kasvava tulva- ja helleriski ja lisääntyvät luontoon kohdistuvat vaikutukset voivat aiheuttaa merkittäviä taloudellisia, terveydellisiä ja ekologisia vaikutuksia. Lisääntyvien tulvien ja helteiden lisäksi on muistettava, että Helsinki on ilmastonmuutoksesta huolimatta vielä pitkään talvinen kaupunki. Liukkaat kelit ja niiden torjunta on tärkeä osa Helsingin ilmatoriskien hallintaa, sillä liukastumiset aiheuttavat merkittäviä kustannuksia yhteiskunnalle. Tässä raportissa on käyty läpi laaja kattaus tällä hetkellä näköpiirissä olevia sään ja ilmastonmuutoksen aiheuttamia mahdollisia vaikutuksia ja arvioitu, mitkä yhteiskunnalliset muutostekijät ilmastonmuutoksen lisäksi lisäävät näitä riskejä. Raportissa on myös arvio siitä, millä keinoin näitä vaikutuksia voidaan vähentää. Kaiken kaikkiaan, ennakoiva, kustannustehokas riskien vähentäminen on paras tapa tehdä Helsingistä maailman toimivin kaupunki säästä ja ilmastonmuutoksesta riippumatta.

2 Ilmasto aiheuttaa rajoitteita kaupungin toiminnalle

Helsingin kaupunkistrategian 2017–2021 mukaan Helsingin visiona on olla maailman toimivin kaupunki². **Toimivassa kaupungissa myös sääilmiöiden ja ilmastonmuutoksen aiheuttamiin vaikutuksiin varautuminen on erittäin tärkeää.** Kaupungin pitäisi pyrkiä vähentämään sään ja ilmastonmuutoksen haitallisia vaikutuksia yhteiskunnan toimintakykyyn, talouteen, luontoon ja ihmisten arkipäivään.

Tämä raportti kokoaa yhteen tuoreimman tutkimustiedon ja kaupungin asiantuntijoiden näkemykset Helsinkiin kohdistuvista keskeisimmistä sää- ja ilmatoriskeistä. **Sää- ja ilmatoriskillä tarkoitetaan sään ja ilmaston ilmiöiden ja niiden muuttumisen aiheuttamia mahdollisia seurauksia tarkasteltavalle kohteelle, kuten ihmistoiminnalle ja luonnolle.** Riski muodostuu tapahtuman todennäköisyydestä ja seurauksen suuruudesta. Sää- ja ilmatoriskeihin varautumalla voidaan turvata turvallinen ja toimiva arki helsinkiläisille. Tästä eteenpäin raportissa puhutaan lyhyesti ilmatoriskistä ja keskitytään sään ja ilmastonmuutoksen aiheuttamiin mahdollisiin haitallisiin vaikutuksiin.

Ilmasto sanelee monia reunaehtoja sille, miten Helsingissä eletään ja toimitaan: elinkeinot, asuminen, liikenne ja muut yhteiskunnan toiminnot ovat sopeutuneet paikallisiin ilmasto-oloihin. Yhteiskunnan toimivuudelle häiriöitä aiheuttavat jo nykyiset sääilmiöt, kuten lumipyryt ja helleaalot. Helmikuun 3. päivänä 2012 sankka lumipyry aiheutti Lahdenväylällä Helsingissä vakavan, noin 690 auton ketjukolarin. Vuonna 2010 heinäkuun helleaalto lisäsi kuolleiden määrää Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiirissä noin 60:llä tavanomaiseen heinäkuuhun verrattuna. Joka vuosi kaupunki varaa noin 20 miljoonaa euroa teiden ja katujen talvikunnossapitoon. Tästä huolimatta välillä tulee päiviä, jolloin liukastumistapaturmien määrät lisääntyvät huomattavasti.

Muuttuva ilmasto lisää ilmatoriskejä. Nykyiseen ilmastoomme verrattuna keskilämpötilojen ennustetaan nousevan Helsingissä useilla asteilla. Suomi lämpenee enemmän kuin maapallo keskimäärin, mikä johtuu muun muassa pohjoisten napa-alueiden lumi- ja jääpeitteen vähenemisestä. Esimerkiksi muutokset äärimmäisissä lämpötiloissa sekä rankkasateiden voimistuminen vaikuttavat monin tavoin yhteiskuntaan. Lisäksi muualla tapahtuvat sää- ja ilmastovaihteluiden ja ilmastonmuutoksen vaikutukset voivat heijastua Helsinkiin ja osoittautua merkittäviksi.

Ilmatoriski on aina ilmastollisten, yhteiskunnallisten, taloudellisten ja poliittisten tekijöiden yhteispeiliä. Esimerkiksi tulvariskialueille rakentaminen voi lisätä tulvariskiä, mutta näillä alueilla tulvariski voidaan pitää hallinnassa oikein mitoitetuilla toimilla. Tähän ei aina kuitenkaan ole välttämättä poliittista tahtoa tai taloudellisia resursseja. Lisäksi eri ihmisryhmät ovat eri tavalla haavoittuvia eri sääilmiöille. Helsingissä on paljon tulvariskialueella sijaitsevia asuinalueita, mutta niissä asuu alle yksi prosentti kaupungin asukkaista, ja asuinalueiden keskineliöhinta on huomattavasti korkeampi kuin muualla. Lisäksi uusilla rakennusalueilla käytetään Turvalliset ra-

² Helsingin kaupunki, 2017 <https://www.hel.fi/static/helsinki/kaupunkistrategia/kaupunkistrategia-2017-2021.pdf>

kentamiskorkeudet -selvityksen mukaisia alimpia perustamistasoja. Turvallisissa rakentamiskorkeuksissa on varauduttu merivedenpinnan nousun ja aaltoilun lisääntymiseen rannan tuntumassa jopa vuoteen 2100 saakka³.

Helsingillä on lukuisia keinoja varautua ilmastoriskeihin. Talvikunnossapidolla on ratkaiseva merkitys liikenteen sujuvuudelle: kuinka helppoa on päästä lumipyryn aikana töihin julkisilla liikennevälineillä, entä kuinka turvallista on liikkua jäisellä nollakelillä? Toisaalta ilmastonmuutos nostaa Suomen keskilämpötiloja. Helleaaltojen aiheuttama riski ihmisten terveydelle on todellinen ja helteisiin on tärkeä varautua rakentamisessa. Lisääntyvät sademäärät aiheuttavat haasteita tiiviisti rakennetussa ympäristössä, koska vesi ei pääse imeytymään maahan tarpeeksi nopeasti. Viheralueet lisäävät viihtyvyyttä, mutta ne vähentävät myös hulevesivahinkoja. Sääilmiöt ja ilmastonmuutos voivat pahimmillaan rasittaa kaupungin taloutta. Siten suunnittelussa ja päätöksenteossa tulee panostaa sellaisiin ennaltaehkäiseviin toimiin, jotka ovat kustannustehokkaita tai saavuttavat asetetut tavoitteet mahdollisimman pienin kustannuksin/resurssein. Lisäksi kaupunkilaisten omalla varautumisella on merkittävä rooli riskien vähentämisessä.

Analyysin lähtökohtana on käytetty Global Covenant of Mayors -sopimuksen⁴ seurantalistaa mahdollisista haitallisista vaikutuksista aiheuttavista luonnonilmiöistä. Helsinki on liittynyt vuonna 2015 Compact of Mayors -ilmastosopimukseen (nyk. Global Covenant of Mayors). Carbonn Climate Registry (CCR)-raportointijärjestelmän⁵ seurantalistan mukaisesti sopimukseen liittyneiden kaupunkien tulee raportoida, millaisia riskejä luonnonilmiöt aiheuttavat nyt ja mahdollisesti tulevaisuudessa. Tässä raportissa ilmiöitä on yhdistelty luonteviksi kokonaisuuksiksi, ja alkuperäinen lista löytyy liitteestä 2. Helsingin ilmatoriskistä on tutkittu useassa hankkeessa ja selvityksessä. Näitä on listattu tässä raportissa, ja tarkemmat viitteet löytyvät raportin lopusta. Lisäksi on tehty lukuisia, koko maata koskevia ilmastonselvityksiä, joiden pohjalta voidaan arvioida eri sääilmiöiden esiintymistä sekä ilmastonmuutoksen vaikutuksia Helsingissä nyt ja tulevaisuudessa. Tämän riskianalyysihankkeen aikana järjestettiin myös kaksi työpajaa, joihin osallistui Helsingin riski- ja sopeutumistyöryhmiin kuuluvia asiantuntijoita eri toimialoilta (liite 1).

Työssä on hyödynnetty jo aiemmin tehtyjä ilmatoriskiarvioita sekä tunnistettu tietoaukot, jotka tulisi mahdollisuuksien mukaan täyttää. Raportti esittää riskiarvion koko kaupungin tasolla ja tarjoaa tietoa kaupungin yleisen tason suunnitteluun ja tarkempien tietotarpeiden määrittelyyn. Raportissa käydään läpi riskiä aiheuttavat ilmastolliset tekijät ja niiden muuttuminen ilmastonmuutoksen myötä. Lisäksi käsitellään yhteiskunnallisia tekijöitä, jotka vaikuttavat riskin muodostumiseen. Jonkin verran käsitellään myös muuttuvan yhteiskunnan myötä nousevia tulevaisuuden riskitekijöitä. Lisäksi työssä on pyritty tunnistamaan, miten ilmatoriskejä voidaan hallita kaupungin prosesseissa ja mitkä ovat toimenpidesuosituksukset eri prosesseille. Analyysissä ei ole tehty kvantitatiivisia laskelmia eri riskien suuruudesta Helsingille, vaan raportissa käytetty järjestys perustuu riskianalyysityön aikana pidetyssä työpajassa tehtyyn priorisointiin. Eri ilmastollisten riskien laittaminen kvantitatiivisesti tärkeysjärjestykseen voi olla hankalaa, sillä varsinaisten vaikutusten arviointi on epätarkkaa ja erilaisten vaikutusten (esimerkiksi taloudelliset ja terveyteen kohdistuvat) priorisointi on vaikeaa.

Helsingin kaupunki on laatinut ”Helsingin ilmastonmuutokseen sopeutumisen linjaukset 2017–2025”⁶, ja sen yhdeksi toimenpiteeksi on määritelty ilmatoriskien arviointi. Työn on tilannut Helsingin kaupunkiympäristön toimialan ympäristöpalvelut, ja sen ohjauksesta ovat vastanneet Jari

³ Kahma ym., 2016 <https://www.hel.fi/static/kv/turvalliset-rakentamiskorkeudet.pdf>

⁴ Global Covenant of Mayors -sopimus/aloite <https://www.globalcovenantofmayors.org/>

⁵ carbonn Climate Registry <http://carbonn.org/>

⁶ Helsingin kaupungin ilmastotyöryhmä, 23.2.2017 <https://www.hel.fi/static/ymk/ilmasto/Helsingin-ilmastonmuutokseen-sopeutumisen-linjaukset.pdf>

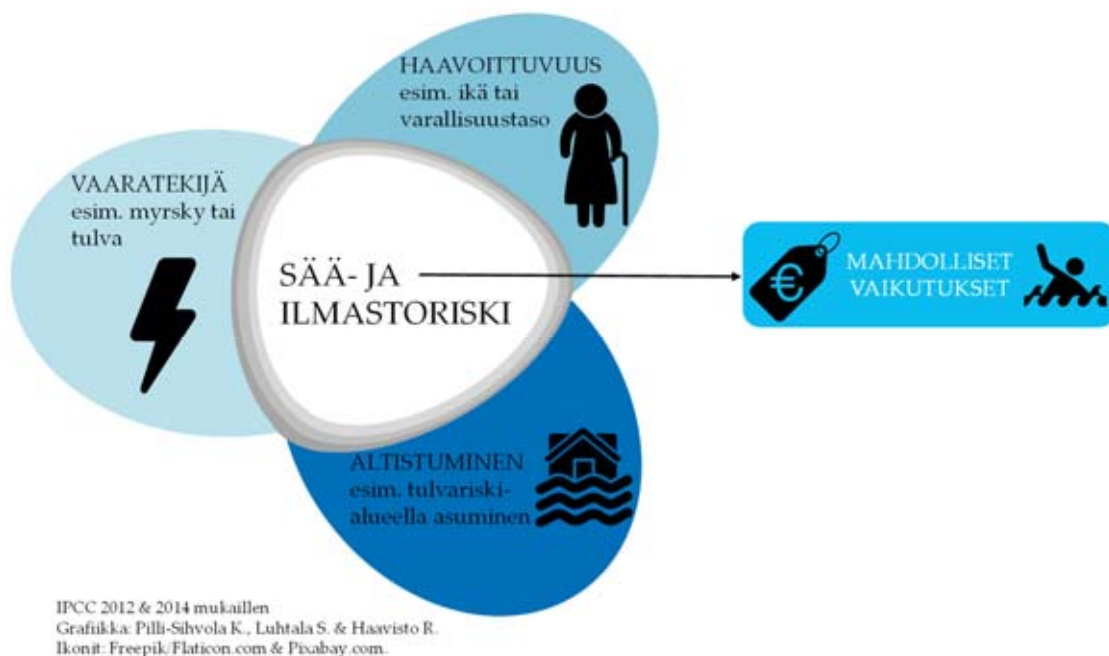
Viinanen ja Sonja-Maria Ignatius yhdessä työn laatimista varten muodostetun ilmatoriskityöryhmän kanssa. Työryhmän jäsenet on listattu liitteessä 1. Työn on toteuttanut Ilmatieteen laitos syyskuun 2017 ja helmikuun 2018 välisenä aikana. Työtä koordinoi Karoliina Pilli-Sihvola, ja työhön osallistuivat Riina Haavisto, Ulpu Leijala, Sanna Luhtala, Antti Mäkelä, Reija Ruuhela ja Athanasios Votsis.

3 Ilmastoriski on usean tekijän summa

Riski määritellään tyypillisesti jonkin tapahtuman todennäköisyyden ja sen seurausten tulona. Ilmastoriskillä tarkoitetaan siten sään ja ilmaston ja niiden kehityksen aiheuttamat mahdollisia vaikutuksia ihmistoiminnalle ja luonnolle. Usein riskillä tarkoitetaan haitallisia vaikutuksia, ja niihin keskitytään tässä raportissa. Riski voi toteutua myös vasta pidemmän ajan kuluessa. Ilmastoriskit liittyvät sekä sääilmiöihin (esimerkiksi rajuilma) että pidemmän aikavälin vähittäisiin muutoksiin (esimerkiksi jääpeitteisen ajan väheneminen merellä).

Toteutuessaan ilmastoriskeihin liittyy vaikutuksia, jotka voivat olla sekä suoria (esimerkiksi omaisuusvahingot) että epäsuoria (esimerkiksi hankintaketjujen kautta aiheutuvat seisokit). Voimakkaimmillaan ne saattavat vaikeuttaa esimerkiksi joidenkin kaupungille tärkeiden tavoitteiden saavuttamista. Kansallisella tasolla *heijastevaikutuksilla* tarkoitetaan sää- ja ilmastovaihteluiden ja ilmastomuutoksen vuorovaikutusketjuja, jotka alkavat Suomen rajojen ulkopuolelta, mutta jotka ulottuvat lopulta aina Suomeen saakka.⁷ Helsingin näkökulmasta heijastevaikutusten ketju voi myös saada alkunsa maan rajojen sisäpuolella ja ulottua Helsinkiin.

Äärimmäisistä sääilmiöistä ja ilmastomuutoksesta aiheutuva riski muodostuu varsinaisen sääilmiön tai ilmaston lisäksi aina toisiinsa linkittyvistä yhteiskunnallisista ja taloudellisista tekijöistä kuvan 1 mukaisesti:



Kuva 1. Sää- ja ilmastorisktiin vaikuttavat tekijät.⁸

⁷ Gregow ym., 2016 <http://tietokavttoon.fi/julkaisu?pubid=15406>

⁸ Pilli-Sihvola ym., 2016 <http://tietokavttoon.fi/julkaisu?pubid=15404>

Riskiin vaikuttavat tekijät ovat siis itse vaaratekijä, sille altistuminen ja haavoittuvuus sekä riskienhallintakyky.

- *Vaaratekijällä* tarkoitetaan mahdollisesti vahinkoa tai vaaraa tuottavaa luonnon tai ihmistoiminnan aiheuttamaa fyysistä ilmiötä ja sen kehitystä.
- *Altistumisella* tarkoitetaan ihmisten, elinkeinojen, ekosysteemien ja luonnonvarojen, infrastruktuurin tai taloudellisen, yhteiskunnallisen tai kulttuurisen pääoman sijoittumista sellaiseen paikkaan, jossa niille mahdollisesti aiheutuu vahinkoa tai vaaraa.
- *Haavoittuvuudella* tarkoitetaan herkkyyttä potentiaalisesti vahinkoa tai vaaraa aiheuttavalle ilmiölle. Haavoittuvuuden käsite pätee infrastruktuuriin, yksilöihin ja yhteiskuntiin.
- *Riskienhallintakyvyllä* tarkoitetaan organisaatioiden, yhteisöjen ja yhteiskuntien voimavaroja, ominaisuuksia ja resursseja, joilla riskiä voidaan vähentää ja varsinaisiin vaikutuksiin reagoida ja niistä toipua. **Eri toimijoiden riskienhallintakyky vaikuttaa merkittävästi riskin muodostumiseen.**

Ilmatoriskin taustalla ovat niin sanotut riskiajurit. Näitä ovat esimerkiksi vaaratekijää lisäävä ilmastonmuutos, altistumisen lisääntymisen huomiotta jättävä maankäytön suunnittelu ja haavoittuvuutta lisäävä poliittinen kehitys⁹. **Jokainen ilmatoriskiin vaikuttava tekijä muuttuu jatkuvasti.** Vaaratekijä muuttuu ilmaston tai ympäristötilan muuttuessa. Haavoittuvuuteen puolestaan vaikuttaa sosio-ekonomisten tekijöiden kehitys. Altistumiseen voidaan vaikuttaa esimerkiksi maankäytön suunnittelulla, oli kyse tietoisista valinnoista tai ei. Ilmatoriski muuttuu siten jatkuvasti, mikä pitää ottaa huomioon suunniteltaessa toimenpiteitä riskien vähentämiseksi ja niihin varautumiseksi. Vaikeinta pitkän aikavälin ilmatoriskiarvioissa on arvioida yhteiskunnan ja teknologian kehitystä. Maailma vuonna 2050 voi olla hyvin erilainen esimerkiksi liikenne- ja viestintäteknologioiden osalta kuin nyt.

Ilmatoriskiä vähennetään eri toimilla. Kuva 2 esittelee luokittelun näistä toimista¹⁰. Ilmastonmuutoksen hillinnällä pienennetään vaaratekijää. Helsingin vuoden 2017 kaupunkistrategiassa tavoitteeksi asetettiin, että Helsinki on hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä ja kasvihuonekaasupäästöjä vähennetään 60 prosenttia vuosina 1990–2030¹¹. Helsingin kaupunki on kehittänyt monia riskienhallinta- ja sopeutumistoimia, jotka eivät liity ilmastonmuutoksen hillintään vaan muihin sää- ja ilmatoriskiin vaikuttaviin tekijöihin. Niiltä osin kuin tässä raportissa käsitellään sopeutumistoimia, pohditaan nimenomaan haavoittuvuuteen ja altistumiseen liittyviä toimia. Näitä ovat esimerkiksi maankäytön suunnittelu, vakuutukset, viestintäkampanjat ja ennakkoarvioitussjärjestelmien käyttö. Ilmatoriskien hallinnassa ovat kasvattaneet merkitystään myös luontopohjaiset, ekosysteemipalveluja hyödyntävät ratkaisut.

⁹ Safaie ym., 2017 <http://www.unisdr.org/we/inform/publications/52828>

¹⁰ Pili-Sihvola ym., 2016 <http://tietokayttoon.fi/julkaisu?pubid=15404>

¹¹ Stadin ilmasto, 1.12.2017 <http://www.stadinilmasto.fi/2017/10/18/nain-tehdaan-hiilineutraali-helsinki-2035/>

NÄILLÄ TOIMILLA RISKIÄ VOIDAAN VÄHENTÄÄ JA HALLITA



Pilli-Sihvola ym. 2016 IPCC 2012 mukailen

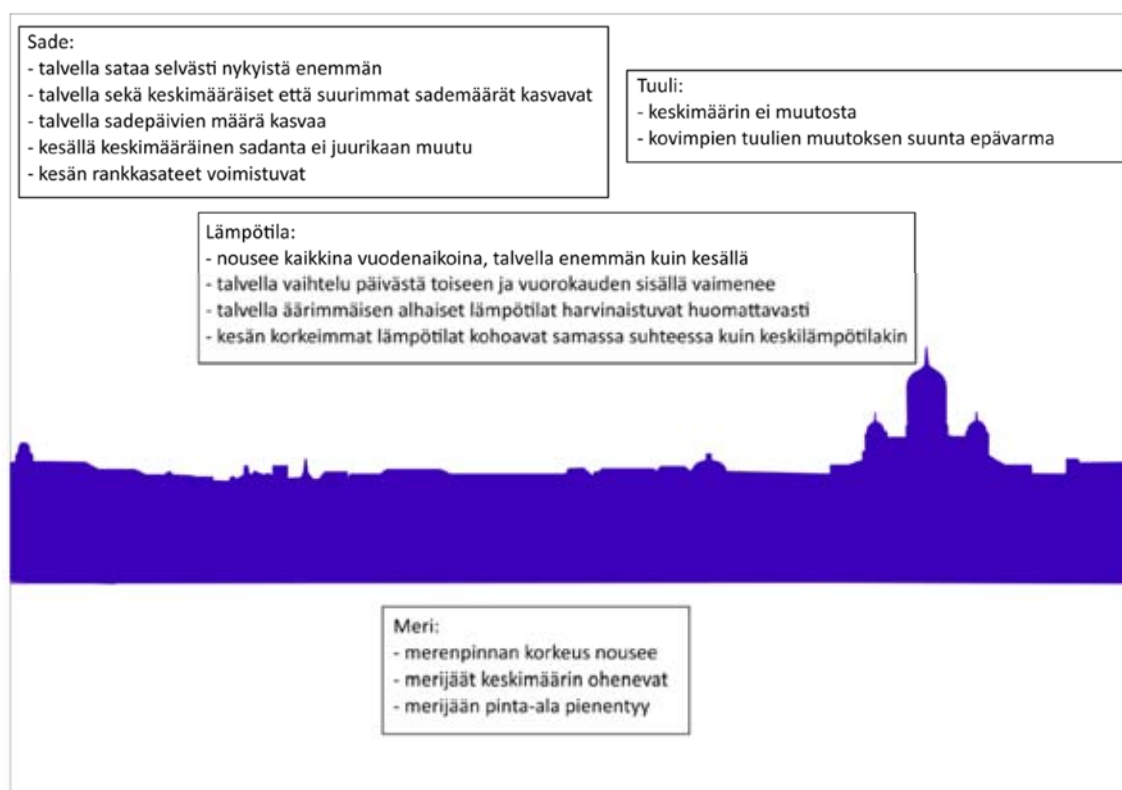
Kuva 2. Ilmatoriskien vähentämis- ja hallintakeinojen luokittelu.

Yhteiskunnallisiin tekijöihin vaikuttavia riskienvähentämis-, hallinta- ja sopeutumistoimia toteutetaan pääasiassa paikallisesti. Toisin kuin ilmastonmuutoksen hillintätoimien kohdalla, niiden kustannukset ja hyödyt ovat pääasiassa paikallisia.

4 Helsingin tärkeimmät ilmastoriskit liittyvät tulviin ja talviolosuhteisiin

Helsingin tärkeimmät riskiä aiheuttavat ilmastolliset vaaratekijät ovat todennäköisesti tulvat ja äärimmäiset talviolosuhteet¹². Tässä raportissa on käsitelty kaikki Compact of Mayor -ilmastosopimuksen ns. cCR-listauksen (Carbonn Climate Registry) vaaratekijät (alkuperäinen listaus liitteessä 3), jotka asiantuntija-arvion perusteella ovat relevantteja Helsingissä. Näitä on yhdistelty asianmukaisiksi kokonaisuuksiksi. Vaaratekijöiden merkitystä käsiteltiin työpajassa, jossa osallistujat (liite 1) arvioivat eri vaaratekijöiden tärkeyttä Helsingissä. Eri vaaratekijöiden aiheuttamien riskien kvantitatiivinen priorisointi vaatisi pidemmälle meneviä analyysejä eri sääilmiöiden todennäköisyyksistä ja mahdollisista vaikutuksista kuin mitä tässä selvityksessä oli mahdollista tehdä. Työssä käytetyt menetelmät on listattu liitteessä 2.

Tulevaisuuden ilmastollisia muutoksia Helsingissä on koottu kuvaan 3.



Kuva 3. Muuttuva ilmasto Helsingissä.¹³

¹² Listaus perustuu Compact of Mayor -sopimuksen cCR-seurannan listaukseen, jonka sopimuksen allekirjoittaneet kaupungit raportoivat vuosittain: <http://carbonn.org>

¹³ Mäkelä ym., 2016 <http://hdl.handle.net/10138/170155>

Merivesitulvan ja niiden riskien arviointiin on Helsingissä panostettu paljon vuoden 2005 tulvan jälkeen. Hulevesitulviin on ryhdytty panostamaan hieman myöhemmin. Merivesitulviin on Helsingissä jo varauduttu rakentamalla tulvavapenkeriä, mutta hulevesitulviin varautuminen on monitahoisempaa. Tulvat nousivat tärkeimpien vaaratekijöiden joukkoon myös työpajassa, ja ne käsitellään raportissa ensimmäisenä.

Sijainnistaan johtuen Helsinki on talvinen kaupunki myös ilmaston muuttuessa. Teiden ja kevyen liikenteen väylien talvikunnossapitoon budjetoidaan vuosittain rahaa, lumipyryt aiheuttavat onnettomuuksia ja hidastavat liikennettä, ja kaamosmasennus vähentää ihmisten hyvinvointia. Äärimmäiset talviolosuhteet nousivat myös työpajassa tärkeimpien vaaratekijöiden joukkoon.

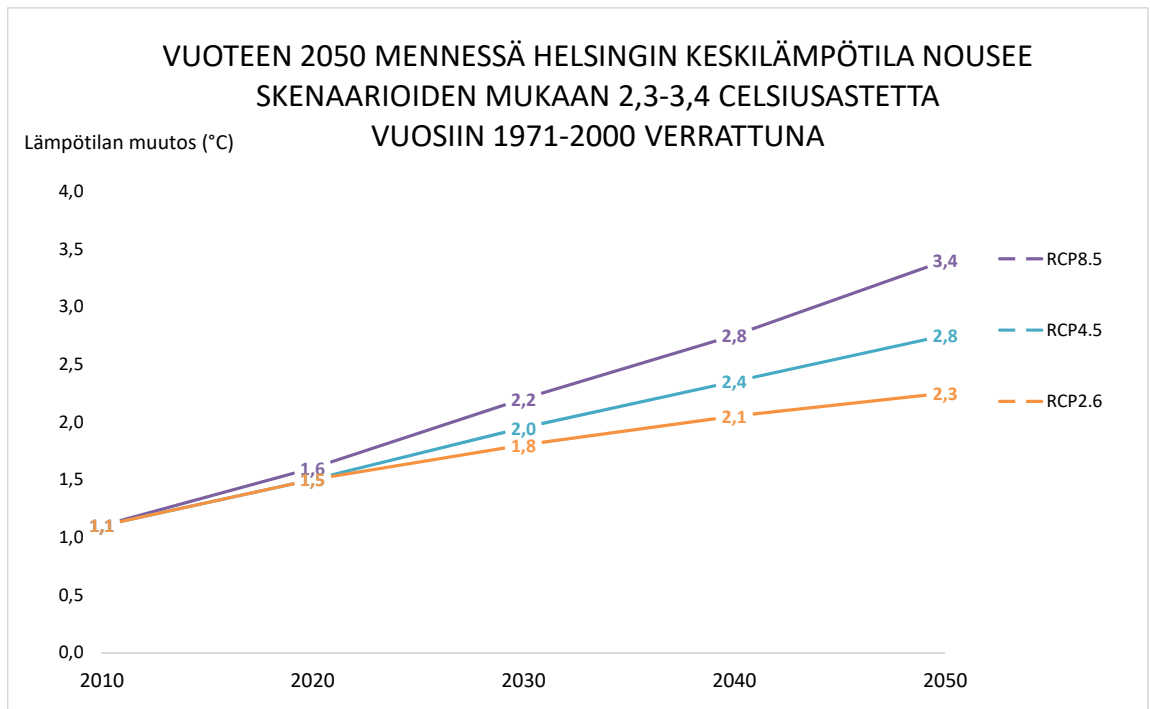
Tulvien ja äärimmäisten talviolosuhteiden lisäksi **raportissa käsitellään kuumuuden ja kylmyyden sekä voimakkaan tuulen ja rajuilmojen aiheuttamat riskit.** Nousevien lämpötilojen myötä lisääntyvien helleaaltojen aiheuttama riski on saanut viime aikoina paljon huomiota maailmalla ja sitä pidettiin myös työpajassa mielenkiintoisena aiheena, josta ei tiedetä vielä tarpeeksi.

Ekologiset vaikutukset voivat nousta merkittäviksi, sillä ilmastonmuutos vaikuttaa yksittäisten lajien lisäksi kokonaisten ekosysteemien toimintaan. Ilmaston muuttuessa osa lajeista sopeutuu, mutta osa ei. Erityisesti herkäät, tiettyyn elinympäristöön sopeutuneet lajit ja heikon leviämiskyvyn omaavat lajit ovat vaarassa hävitä ainakin paikallisesti.

Heijastevaikutukset, eli Helsinkiin ulottuvat vaikutusketjut muualla tapahtuvista sää- ja ilmastovaihteluista, eivät ole cCr-listauksessa. Ne nousivat kuitenkin työpajassa esiin, esimerkiksi ilmaston aiheuttama muuttoliike. Heijastevaikutuksia on käsitelty raportin lopussa.

Keskilämpötilojen ennustetaan nousevan Helsingissä vuosisadan puoliväliin mennessä 2,3–3,4 °C ilmastoskenaariosta, eli kasvihuonekaasupäästöjen kehityksestä, riippuen. Vertailukohtana käytetään vuosien 1971–2000 keskiarvoa (kuva 4)¹⁴. Vuonna 2030 lämpötila on keskimäärin 2 astetta korkeampi kuin vertailujaksolla 1971–2000. On tärkeää huomata, että Suomi lämpenee enemmän kuin maapallo keskimäärin. Keskimääräistä voimakkaampi lämpeneminen johtuu mm. pohjoisten napa-alueiden lumi- ja jääpeitteen vähenemisestä. Lämpötilan nousua ilmastonmuutoksen myötä kuvataan usein verrattuna menneeseen ilmastoon, joka voi olla esimerkiksi esiteollinen aika (kuten Pariisin ilmastopöytäkirjassa) tai periaatteessa mikä tahansa ilmastollisesti mielekäs eli riittävän pitkä jakso (yleensä 30 vuotta). Kansallisissa tarkasteluissa käytetään usein ilmastollista 30 vuoden vertailukautta.

¹⁴ Mäkelä ym., 2016 <http://hdl.handle.net/10138/17015>



Kuva 4. Helsingin keskilämpötilan ja keskimääräisen muutos vuoteen 2050 mennessä verrattuna jaksoon 1971–2000 eri ilmastoskenaarioiden mukaan. RCP8.5-skenaario kuvaa suuria kasvihuonekaasupäästöjä, RCP4.5 kohtuullisesti onnistuneen ilmastopolitiikan mukaisia päästöjä ja RCP2.6 hyvin pieniä päästöjä. Kuva: Ilmatieteen laitos

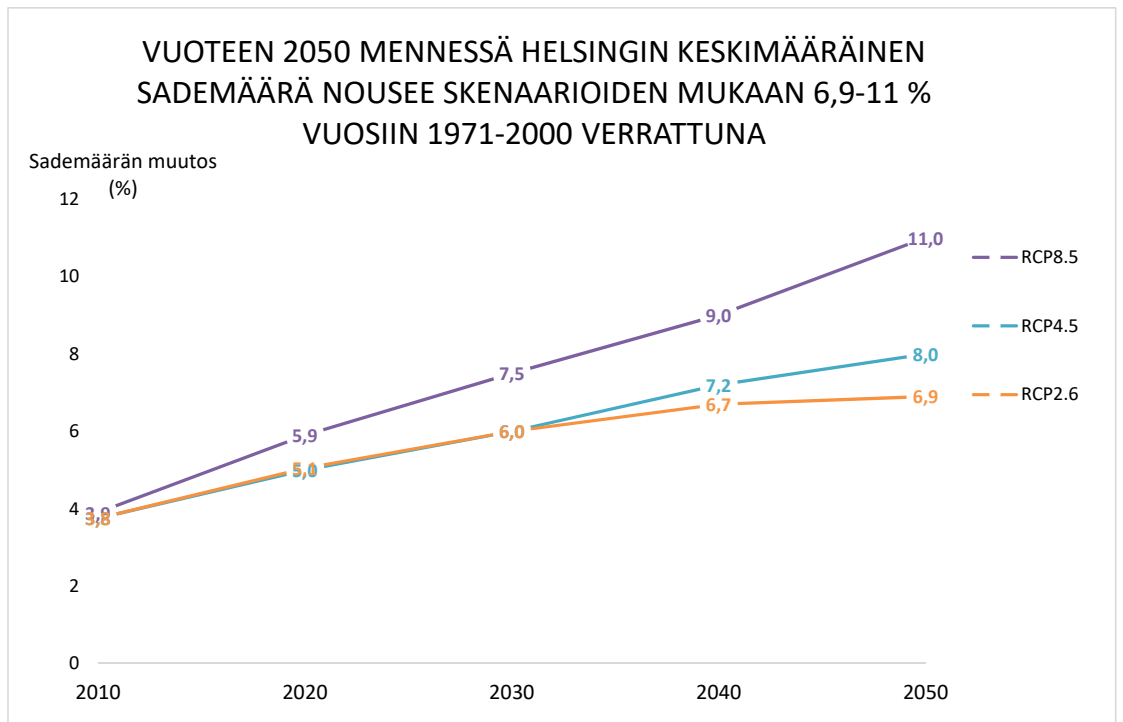
Vuodenajoista ilmastonmuutos muuttaa Helsingissä eniten talvia. Talvella lämpötilojen nousu on suurinta, sademäärät ja pilvisuus kasvavat ja yhä suurempi osa sateesta tulee vetenä. Esimerkiksi tammi- ja helmikuu ovat keskimäärin noin kaksi astetta lämpimämpiä vuonna 2050 kuin vuosina 1971–2000, ja maaliskuun keskilämpötila nousee nollan yläpuolelle. Helsingin talvista tulee entistä pimeämpiä ja kosteampia, erittäin kylmät jaksot ovat entistä harvinaisempia ja Suomenlahden jääpeitteen paksuus ja laajuus pienenee. Sopivissa säätilanteissa muun muassa avoin meri voi kuitenkin tuottaa runsaita lumisateita rannikon tuntumaan, mistä aiheutuu haittoja etenkin liikenteelle¹⁵.

Siinä missä alhaisimmat lämpötilat harvinaistuvat, korkeat lämpötilat kesällä yleistyvät samassa suhteessa kuin keskilämpötilakin: näin ollen vuosisadan puolivälissä 32 asteen lämpötiloja esiintyisi suurin piirtein yhtä usein kuin 1900-luvun lopulla esiintyi 30 asteen lämpötiloja (mikäli päästöt seuraavat RCP4.5-skenaariota eli Pariisin ilmastopöytäkirjasta toteutetaan kohtuullisesti)¹⁶. Terveysvaikutusten kannalta merkittäviä helleaaltoja on Helsingissä esiintynyt 2000-luvulla vuosina 2003, 2010 ja 2014.

Keskimääräiset muutokset Helsingin sademäärässä on esitetty kuvassa 5. Vuonna 2050 sade tulee entistä enemmän vetenä, mutta lumisadetilanteet eivät tule katoamaan. Keskimääräinen sademäärä nousee 6,9–11 % 1971–2000. On syytä huomata, että vuosien välinen vaihtelu säilyy suurena kuten nykyilmastossakin.

¹⁵ Mäkelä ym., 2016 <http://hdl.handle.net/10138/17015>

¹⁶ Ruosteenoja ym., 2016 http://www.geophysica.fi/pdf/geophysica_2016_51_1-2_017_ruosteenoja.pdf



Kuva 5. Helsingin keskimääräisen sademäärän muutos vuoteen 2050 mennessä verrattuna jaksoon 1971–2000 eri ilmastoskenaarioiden mukaan. RCP8.5-skenaario kuvaa suuria kasvihuonekaasupäästöjä, RCP4.5 kohtuullisesti onnistuneen ilmastopolitiikan mukaisia päästöjä ja RCP2.6 hyvin pieniä päästöjä. Kuva: Ilmatieteen laitos

5 Helsingin ilmastoperäiset tulvariskin aiheuttajat ovat hulevedet, meri ja vesistöt

Helsingissä kolme ilmastoperäistä tulvatyyppiä aiheuttaa riskin: hulevesi-, meri- ja vesistötulva. Tulvariskin hallitsemiseen on Helsingissä panostettu paljon. Vuoden 2005 meritulvan jälkeen tehtiin muun muassa tulvastrategia¹⁷ ja selvitys, jonka perusteella toteutettiin tulvasuojauksia riskikohteissa. Helsingissä on useita hulevesien hallinnan pilottikohteita, kuten Eko Viikki ja Kuninkaantammi.

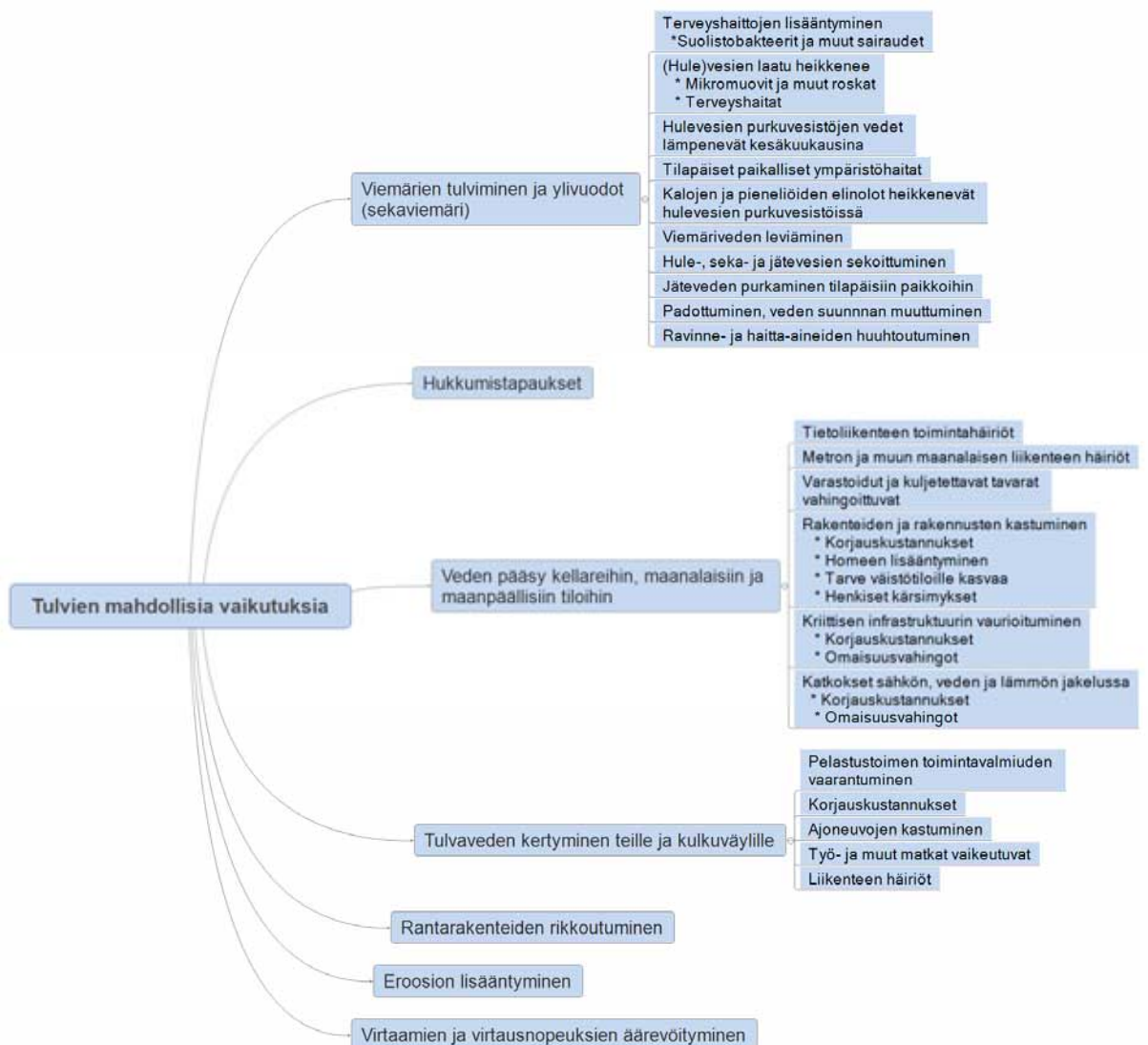
Tulvariski Helsingissä on kuitenkin edelleen olemassa, ja voimistuvien rankkasateiden sekä tiivistyvän kaupungin seurauksena hulevesitulvariski Helsingissä todennäköisesti kasvaa. Hulevesillä tarkoitetaan Vesihuoltolain¹⁸ mukaisesti maan pinnalle, rakennuksen katolle tai muulle pinnalle kertyvää sade- tai sulamisvettä. Hulevesi aiheuttaa tulvia, mikäli vedet syystä tai toisesta kertyvät tilapäisesti maan pinnalle (Laki tulvariskien hallinnasta¹⁹ 2§, 1). Kaupungin tiivistyessä vettä läpäisemätön maapinta-ala kasvaa, joten hulevesien hallintaan täytyy kiinnittää entistä enemmän huomiota.

Kuvassa 6 on esitetty työpajaan osallistuneiden arviot siitä, millaisia vaikutuksia tulvista voi aiheutua Helsingissä. Kuvaa on myös täydennetty kirjallisuuden perusteella.

¹⁷ Valkeapää ym., 2008 https://www.hel.fi/hel2/ksv/julkaisut/vos_2010-1.pdf

¹⁸ Vesihuoltolaki 119/2001 <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20010119>

¹⁹ Laki tulvariskien hallinnasta 620/2010 <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2010/20100620>



Kuva 6. Asiantuntijatyöpajan ja kirjallisuuden perusteella arvioituja tulvien mahdollisia vaikutuksia Helsingissä.

5.1 Hulevesitulvat aiheutuvat Helsingissä pääasiassa rankkasateista

Laki tulvariskien hallinnasta (620/2010) määrää kuntia tekemään hulevesitulvista aiheutuvien tulvariskien alustavan arvioinnin sekä nimeämään mahdolliset merkittävät hulevesitulvariskialueet²⁰. Ensimmäisen kerran arviointi tuli tehdä vuonna 2011. Toisella kierroksella arviot tulee tarkastaa 22.12.2018 mennessä. Tulvariskin merkittävyyttä arvioitaessa otetaan huomioon tulvan todennäköisyys sekä seuraavat tulvasta mahdollisesti aiheutuvat yleiseltä kannalta katsoen vahingolliset seuraukset (Laki tulvariskien hallinnasta 8 §):

- 1) vahingollinen seuraus ihmisten terveydelle tai turvallisuudelle;
- 2) välttämättömyyspalvelun, kuten vesihuollon, energihuollon, tietoliikenteen, tieliikenteen tai muun vastaavan toiminnan, pitkäaikainen keskeytyminen;

²⁰ Laki tulvariskien hallinnasta 620/2010 <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2010/20100620>

- 3) yhteiskunnan elintärkeitä toimintoja turvaavan taloudellisen toiminnan pitkäaikainen keskeytyminen;
- 4) pitkäkestoinen tai laaja-alainen vahingollinen seuraus ympäristölle; tai
- 5) korjaamaton vahingollinen seuraus kulttuuriperinnölle.

Lisäksi tulvariskin merkittävyyttä arvioitaessa otetaan huomioon alueelliset ja paikalliset olosuhteet.

Helsingin kaupunki selvitti merkittävät hulevesitulvariskialueet vuoden 2011 lopulla. Hulevesitulvatiedot selvitykseen kerättiin eri tietokannoista sekä internet-kyselyn avulla. Eri aineistojen perusteella paikallistettiin yhteensä noin 240 tulvakohdetta, joista noin 170 oli selvästi sijainniltaan erillisiä. Yleisöpalautteen perusteella tunnistettiin vielä yli 50 uutta hulevesitulvakohdetta.

Vuoden 2011 selvityksen perusteella yksikään hulevesitulvakohde ei ylittänyt tulvariskien hallinnasta annetun lain mukaista merkittävyyden kynnystä.²¹ Arvioinnin perusteella kuitenkin todettiin, että Helsingissä on monta hulevesitulvaherkkää aluetta, joissa mahdolliset hulevesitulvat voivat aiheuttaa oleellista haittaa kaupungin toiminnalle tai omaisuudelle. Päivitetty hulevesitulvatarkastelu tehdään vuoden 2018 aikana.

5.1.1 Eniten vahinkoa aiheuttavat pitkäkestoiset rankkasateet

Tulvimista aiheuttavia rankkasateita esiintyy Suomessa lähinnä keväästä syksyyn. Ilmatieteen laitoksen sadevaroituksissa on käytössä kolme vaaratasoa sekä lyhyt- että pitkäkestoisille sateille:

Varoitus lyhytkestoisesta rankasta sateesta annetaan seuraavien vaaratasojen mukaan:

- 20 millimetriä tunnissa (keltainen)
- 30 millimetriä tunnissa (oranssi)
- 45 millimetriä tunnissa (punainen).

Varoitus pitkäkestoisesta runsaasta sateesta annetaan seuraavien vaaratasojen mukaan:

- 50 millimetriä vuorokaudessa (keltainen)
- 70 millimetriä vuorokaudessa (oranssi)
- 120 millimetriä vuorokaudessa (punainen).

Tulvakeskus²² varoittaa suurta yleisöä rankkasateista Uudellamaalla muutamia kertoja vuodessa. Vuonna 2015 Uudellemaalle annettiin sadevaroitus viidessä eri tilanteessa, vuonna 2016 kymmenessä ja vuonna 2017 kolmessa tilanteessa.

Ilmastollisesti rankkasateiden aiheuttamat vahingot riippuvat kokonaissademäärästä ja siitä, missä ajassa sade tulee eli sateen intensiteetistä. Jos sataa rankasti ja pitkään, tulvatu-

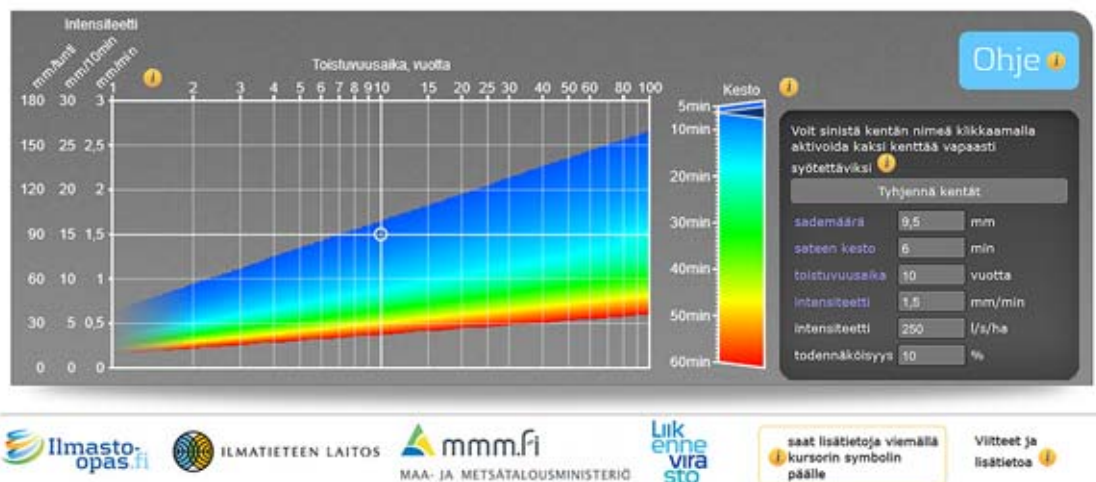
²¹ Hyöty ym., 2012 <https://dev.hel.fi/maatokset/media/att/07/0777e29427a10a61b9c9350fc53132e0965ff257.pdf>

²² Tulvakeskus on Ilmatieteen laitoksen ja Suomen ympäristökeskuksen yhteinen palvelu, joka perustuu tiiviiseen yhteistyöhön ELY-keskusten ja pelastuslaitosten kanssa. Se ennustaa ja varoittaa kaiken tyypisistä tulvista sekä ylläpitää niihin liittyvää jatkuvaa tilannekuvaa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/tulvakeskus>

horiski kasvaa. Voimakkuudeltaan erilaisten sadetapahtumien harvinaisuutta kuvataan toistuvuudella, eli sillä, kuinka monen vuoden välein tapahtuma keskimäärin tilastollisesti esiintyy. Kerran sadassa vuodessa tapahtuvan ilmiön vuosittainen todennäköisyys on 1 %. Pääkaupunkiseudun rankkasadeilmastoa havainnollistaa kuva 7, joka esittää lyhytkestoisten sateiden rankkuutta ja paikallista toistuvuusaikaa Suomessa. Kuva voidaan soveltaa yhdessä pisteessä tapahtuvan rankkasateen todennäköisyyden arviointiin. Vähintään 30 vuoden toistuvuudet ovat *poikkeuksellisia*. Kuvaan pohjautuva interaktiivinen työkalu ”Lyhytkestoisten sateiden rankkuus ja toistuvuus-aika Suomessa” löytyy Ilmasto-opas.fi-sivustolta <http://ilmasto-opas.fi/rankkasateiden-toistuvuus>.

Lyhytkestoisten sateiden rankkuus ja toistuvuus-aika Suomessa

Kaaviossa on kuvattu lyhytkestoisten kesäsateiden rankkuutta ja paikallista toistuvuusaikaa Suomessa. Kaaviota voidaan soveltaa yhdessä paikassa tapahtuvien rankkasateiden todennäköisyyksien arviointiin. Esimerkiksi jos 15 minuutin aikana sataa vettä 10 mm, on samanlaisen sateen sattumisen todennäköisyys samassa paikassa 25 % eli keskimäärin kerran 4 vuodessa.



Kuva 7. Ilmasto-opas.fi-sivuston rankkasateiden toistuvuutta kuvaava työkalu.

Suomessa suurin 60 minuutin sademäärä on Oulunsalossa 18.7.2014 mitattu 59,3 mm. Siitä noin 50 mm tuli 30 minuutin aikana. **Helsingissä suurin 60 minuutin sademäärä on Kaisaniemessä mitattu 39,5 mm 22.8.2011, ja Pohjois-Helsinkiä paremmin kuvaavalla Helsinki-Vantaalla mitattu 27,2 mm 14.8.2016.** Näin rankkojen sateiden toistumisaika on laskurin mukaan yli sata vuotta. Vuosisadan puoliväliin mennessä vastaavan tapahtuman todennäköisyys on noin kerran 60–70 vuodessa²³. Tilastot perustuvat varsin lyhyeen aikasarjaan. Muutamalla yksittäisellä asemalla oli lyhytaikaisten sateiden mittauksia jo 2000-luvun alkuvuosina, mutta suurin osa asemista aloitti vuosien 2006–2008 tienoilla.

5.1.2 Ilmastonmuutos voimistaa rankkasateita

Ilmastonmuutoksen seurauksena keskimääräinen sademäärä kesällä ei muuttune paljoa. Keskimääräisen muutoksen suunta on jossain määrin epävarma, mutta todennäköisimmin sademäärät kasvavat jonkin verran. **Sen sijaan rankkasateiden arvioidaan voimistuvan noin 7–11 % vuoteen 2050 mennessä (jaksoon 1971–2000 verrattuna).** Sademäärien suuren vaihtelun ja satunnaisuuden vuoksi nykyisenkin rankkasadeilmaston kuvaamiseen liittyy kuitenkin epätarkkuuksia. Tulevaisuuden arvioissa epävarmuutta on vielä enemmän, sillä ilmastomallien on vai-

²³ Mäkelä ym., 2016 <http://hdl.handle.net/10138/170155>

kea käsitellä lyhyitä, intensiivisiä, alle vuorokauden pituisia sadetapahtumia. Tärkeää on kuitenkin huomata, että entistä lämpimämpi ilmakehä pystyy sisältämään enemmän vesihöyryä, jolloin sopivissa säätilanteissa yksittäinen rankkasade voi tuottaa entistä suuremman sadekertymän.

Lisäksi rankkasateiden toistuvuusajat muuttuvat. Rankkasateet, joiden toistuvuus aika on nykyilmastossa noin kerran sadassa vuodessa, toistuvat vuosisadan puolivälissä noin kerran 60–70 vuodessa ja vuosisadan lopulla noin kerran 30 vuodessa²⁴.

5.1.3 Hulevesitulvariski koskee erityisesti kantakaupunkia

Hulevesitulvariski riippuu monista muistakin seikoista kuin sateen intensiteetistä ja kestosta. Hulevesitulvariskin määrittämisen ensimmäinen vaihe on tulvavaarakarttojen laskeminen. Tulvavaarakartoissa esitetään veden alle jäävät alueet sekä tulvan aikana vallitseva vedenkorkeus ja vesisyvyys ottaen huomioon paikalliset olosuhteet ja hulevesitulvien tarkastelussa tarkoituksenmukaiset sateiden todennäköisyydet” (Valtioneuvoston asetus tulvariskien hallinnasta²⁵ 2 §). **Seuraava vaihe on varsinaisten riskikarttojen luominen.** Riskikartoissa otetaan huomioon kohteiden haavoittuvuus ja kriittiset kohteet. Näitä ovat esimerkiksi asukkaiden määrä, energian tuotanto-, siirto- ja jakelujärjestelmät ja vesihuolto sekä tieninfrastruktuuri, merkittävä taloudellinen toiminta, ympäristön pilaantumista aiheuttavat kohteet, suojelualueet sekä kulttuuri-perintökohteet.²⁶ Lisätietoja hulevesitulvariskin laskemisesta löytyy Suomen ympäristökeskuksen materiaaleista.²⁷

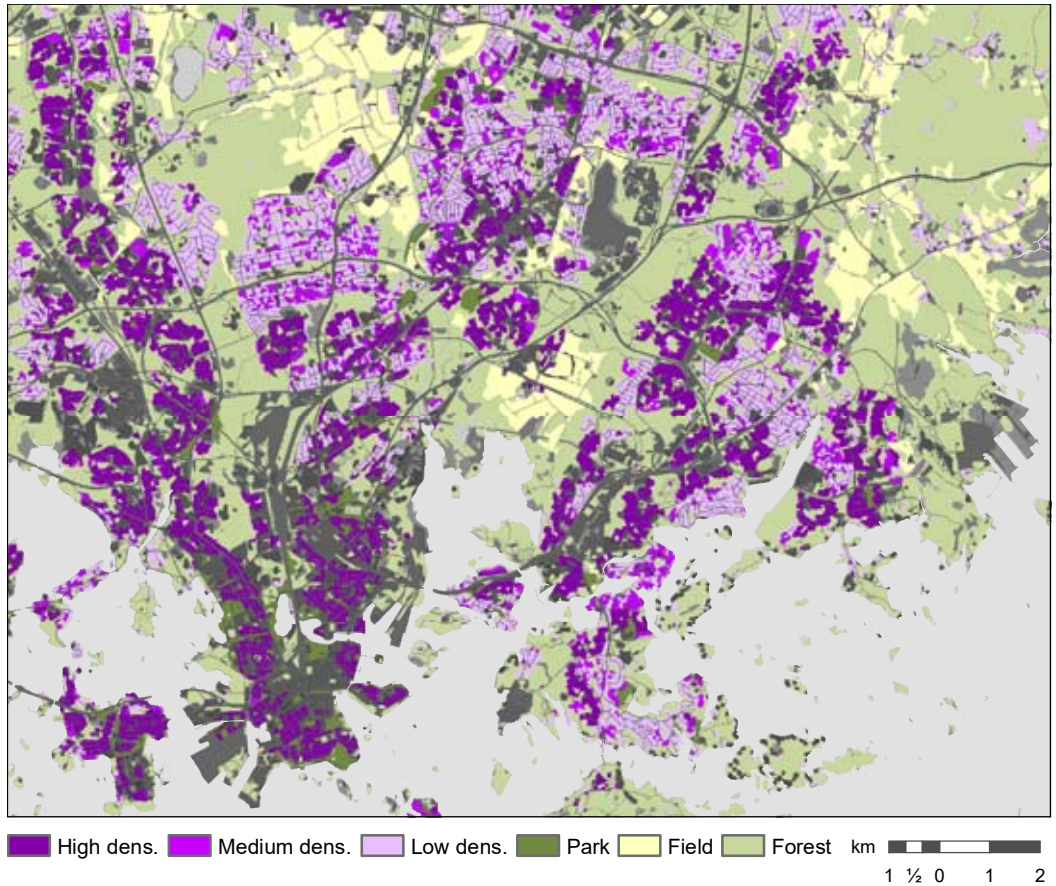
Helsingissä suuria vahinkoja aiheuttavan rankkasadetulvan todennäköisyys on suurin kantakaupungissa. Siellä on vähemmän vettä imevää pintaa, esimerkiksi puistoja ja muuta kaupunkivihreää kuin muualla kaupungissa, ja rakennustiheys on suurinta (kuva 8).

²⁴ Mäkelä ym., 2016 <http://hdl.handle.net/10138/170155>

²⁵ Valtioneuvoston asetus tulvariskien hallinnasta 659/2010 <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2010/20100659>

²⁶ Parjanne, 6.10.2017 <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B372C52CE-74C8-41D8-93F8-C81AB590C633%7D/131445>

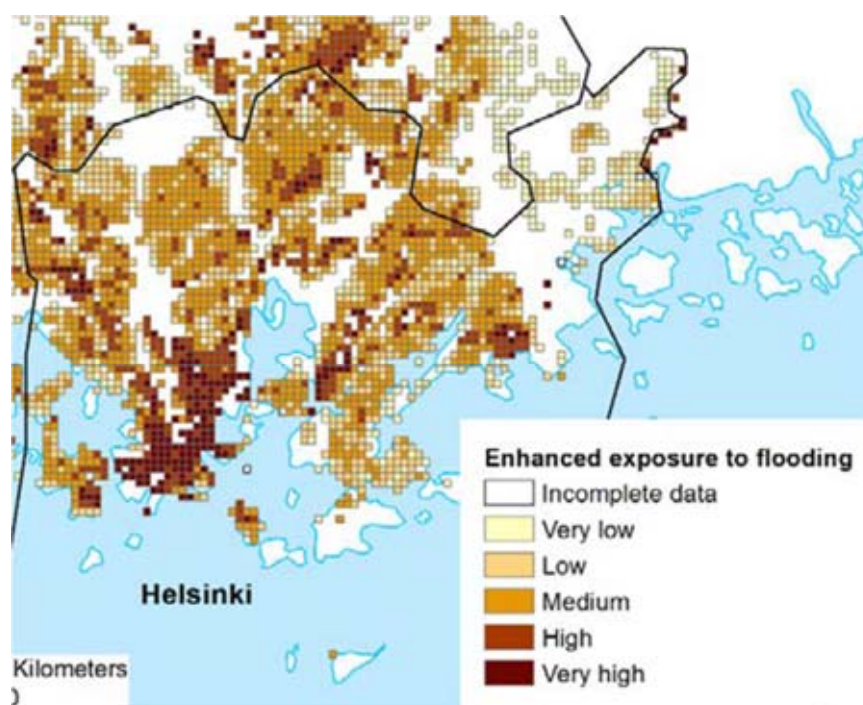
²⁷ Suomen ympäristökeskus SYKE. 16.10.2017 [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Tulviin_varautuminen/Tulvariskien_hallinta/Tulvariskien_hallinnan_suunnitelu/Tulvariskien_alustava_arviointi_2_suunni\(44789\)](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Tulviin_varautuminen/Tulvariskien_hallinta/Tulvariskien_hallinnan_suunnitelu/Tulvariskien_alustava_arviointi_2_suunni(44789))



Kuva 8. Kartta kuvaa Helsingin rakennustiheyttä ja kaupunkivihreän sijoittumista. Korkea tiheys (tumman violetti värisävy) tarkoittaa kerrostaloaluetta, keskimääräinen tiheys (kirjas violetti) rivi- ja kytkettyjen pientalojen aluetta ja alhainen tiheys (vaalea violetti) omakotitaloja. Karttaan on merkitty myös puistot (tumman vihreä), avoimet niityt (keltainen) ja metsät (vaalean vihreä). Aineisto: Maanmittauslaitos. Kartta: Athanasios Votsis.

Kantakaupungin altistuminen tulvariskille tulee esille myös HSY:n ”Ilmastolähtöinen sosiaalinen haavoittuvuus pääkaupunkiseudulla” analyysissä²⁸, jossa viheralueiden vähäinen määrä on käännetty korkeaksi altistumisasteeksi (kuva 9).

²⁸ Kazmierczak, & Kankaanpää, 2016 <https://www.hsv.fi/sites/Esitteet/EsitteetKatalogi/Raportit/HSY-Ilmastolähtöinen-sosiaalinen-haavoittuvuus.pdf>

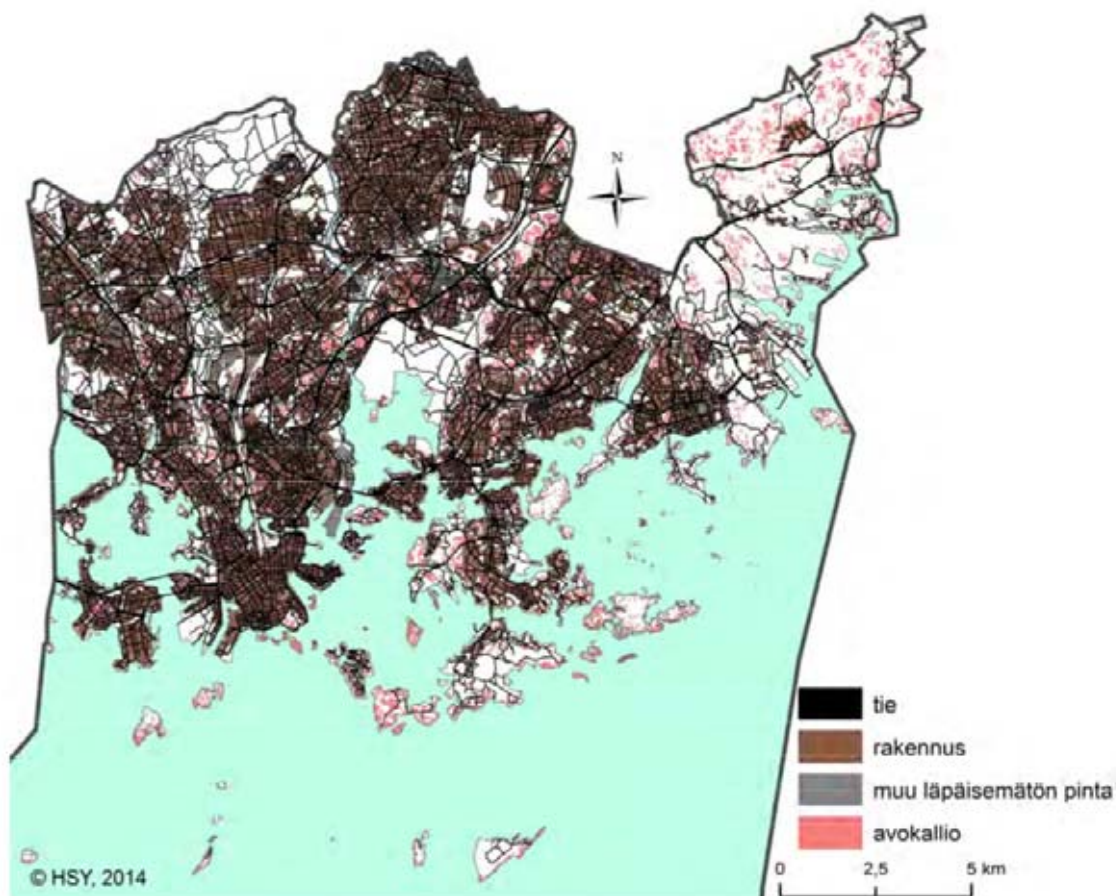


Kuva 9. Voimistunut altistuminen tulville Helsingissä.²⁹ Tummat värisävyt kuvaavat korkeaa altistumisastetta, vaaleat matalaa. Valkoinen väri tarkoittaa, että arvioita varten ei ole ollut saatavissa riittävästi dataa.

Kaupunkiluonnon monimuotoisuutta kuvaavaan City Biodiversity Indeksiin (CBI) lasketun indikaattorin arvon perusteella vettä läpäisevien pintojen määrä Helsingissä on kohtuullinen. Vettä läpäisevien pintojen määrää kuvataan asteikolla 1–4, jossa kaupunki saa 0 pistettä, mikäli vettä läpäisevien pintojen osuus kokonaispinta-alasta on alle 33,1 %. Asteikko jatkuu seuraavasti: 1 piste: 33,1–39,7 %; 2 pistettä: 39,8–64,2 %; 3 pistettä: 64,3–75,0 % ja 4 pistettä: > 75,0 %. **Helsingin tulos oli 2.** Kuvan10 kartta esittää Helsingin läpäiseviä pintoja vuoden 2014 aineiston perusteella³⁰, jonka pohjalta CBI laskettiin Helsingissä ensimmäisen kerran. Tulokset on päivitetty sisäisesti vuonna 2016, ja tulos vastaa melko pitkälti kartassa esitettyä tilannetta. Indikaattori pyritään päivittämään kahden vuoden välein. Vettä läpäisevien pintojen osuutta voisi käyttää lisäaineistona esimerkiksi kuvassa 8 esitettyssä HSY:n altistumisarviossa.

²⁹ Kazmierczak & Kankaanpää, 2016 <https://www.hsy.fi/sites/Esitteet/EsitteetKatalogi/Raportit/HSY-Ilmastolahtoinen-sosiaalinen-haavoittuvuus.pdf>

³⁰ Heikkinen 2/2015 <https://www.hel.fi/static/ymk/indikaattorit/cbi-pinnat.pdf>



Kuva 10. Kartta Helsingin vettä läpäisevistä ja läpäisemättömistä pinnoista. Läpäisevät pinnat näkyvät kartassa valkoisina ja läpäisemättömät värillisinä. (Kuva: Niina Salojärvi 2015)³¹

Kantakaupungin kiinteistöt ovat alttiita hulevesitulville, joiden aiheuttamat taloudelliset vahingot voivat nousta merkittäviksi. Kantakaupungin alueella sijaitsee useita Haagin yleissopimuksen³² mukaisen kulttuuriomaisuuden luetteloinnin mukaisia kohteita ja monia muita kulttuurisesti ja historiallisesti arvokkaita kiinteistöjä. Siellä on myös paljon kaupungin omia kiinteistöjä ja muuta taloudellista toimintaa. Hulevesitulvien vuoksi myös työmatkat vaikeutuvat ja toimistoja voidaan joutua väliaikaisesti sulkemaan. Tulvien suorien taloudellisten vaikutusten arviointi onnistuu melko helposti, mutta kokonaistaloudellisten vaikutusten arviointi on vaikeampaa.

Hulevesitulvariskiä arvioitaessa pitää ottaa huomioon infrastruktuurin ja yhteiskunnan toimivuuden kannalta kriittiset kohteet. Kantakaupungissa sijaitsee paljon sähkön-, veden- ja lämmöntuotanto-, jakelu- ja siirtojärjestelmiä, joista osa on maanalaisissa tiloissa ja siten erityisen alttiita tulvavesille. Terveystieteiden kannalta kriittisiä kohteita ovat terveyskeskukset ja sairaalat, ja pelastustoiminnan jatkuvuus tilanteen aikana on tärkeää ihmisiin kohdistuvan vaaran vähentämiseksi. Pelastustoiminta kaupungissa kuitenkin todennäköisesti hankaloituu, mikäli kadut tulvivat runsaasti. Erottajän ja Kallion pelastusasemat ovat todennäköisesti turvassa tulvave-

³¹ Heikkinen 2/2015 <https://www.hel.fi/static/ymk/indikaattorit/cbi-pinnat.pdf>

³² Haagin vuoden 1954 yleissopimus on Unescon alainen humanitaarinen yleissopimus, jonka tavoitteena on kulttuuriomaisuuden suojeleminen aseellisen selkkauksen sattuessa. Haag-inventointiluettelo on luonteeltaan viranomais selvitys, joka on tarkoitettu ensisijaisesti viranomaisten käyttöön poikkeusoloja koskevaa valmiussuunnittelua ja normaaliolojen riskienhallintaa varten: Museovirasto 11.4.2016 http://www.nba.fi/fi/aiankohtaista/kansainvalinen_toiminta/kansainvalisia_sopimuksia/haagin-sopimus/luettelointi

siltä, sillä ne molemmat sijaitsevat mäen päällä. Kantakaupunki toimii myös liikenteen solmukoh-
tana, ja hulevesitulvalle alttiita ovat juna- ja linja-autoasemat sekä metrojärjestelmä. Lisäksi kau-
pungin ja koko Suomen hallinto on pääosin sijoittunut kantakaupungin alueelle, ja voimakkaan
tulvatilanteen aikana myös niiden toiminta voi häiriintyä. Kriittisten kohteiden tulvasuojeluun pi-
täisi kiinnittää erityistä huomiota kaupungin mahdollisuuksien mukaan pitäen mielessä, että mo-
nilla kohteista on velvollisuus omatoimiseen varautumiseen.

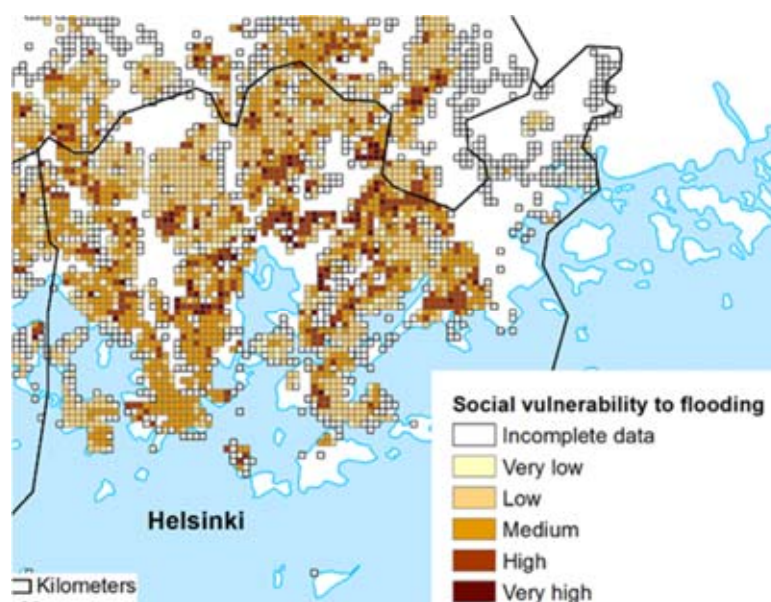
Yksityiskohtaisessa hulevesitulvien riskiarviossa tulee ottaa huomioon maanalaiset tilat ja toiminnot, kuten julkinen liikenne, energiahuolto ja väestönsuojelu. Helsingin erityispiir-
teenä on laajamittainen maanalainen kaupunki, johon on sijoitettu monia toimintoja ja erityisesti
monenlaista kriittistä julkisen liikenteen, energiahuollon ja väestönsuojelun infrastruktuuria. En-
simmäinen Helsingin maanalainen yleiskaava tuli voimaan vuonna 2011³³, ja uuden maanalai-
sen yleiskaavan valmistelu aloitettiin vuonna 2017. Ensimmäiseen maanalaiseen asemakaavaan
liittyi yleinen turvallisuusselvitys³⁴, jossa luonnonolosuhteista (erotuksena putkikirikosta) aiheutuva
tulvariski on otettu huomioon, mutta sitä ei ole systemaattisesti arvioitu. Mahdollisen tulvan arvi-
oitiin vaikuttavan maanalaiseen palo- ja pelastusturvallisuuteen sekä kunnallistekniseen käytön-
aikaisiin riskeihin.

**Vaikka hulevesitulvalle altistustaan eniten kantakaupungissa, sosiaalinen haavoittuvuus on HSY:n analyysin perusteella suurinta Etelä-Vuosaassa, Länsi-Herttoniemessä, Roi-
huvuoressa, Viikissä, Vallila/Itä-Pasilassa, Maunula-Suursuolla sekä Pohjois-Meilahdessa (kuva 11).** *Sosiaalisella haavoittuvuudella* HSY:n analyysissä tarkoitetaan herkkyyden, voimistu-
neen altistumisen ja sopeutumiskyvyn yhdistelmää: ”Sopeutumiskyky kuvaa ihmisten kykyä va-
rautua ennalta, selvitä vaaratilanteen aikana ja korjata vahingot ja palautua tilanteesta, kuten tul-
vasta tai helleaallostta. Sopeutumiskyky määrittyy pitkälti ihmisen sosiaalisen ja taloudellisen ti-
lanteen perusteella. Voimistunut altistuminen kuvaa fyysisen ympäristön ominaisuuksia, kuten
esimerkiksi asumismuotoa sekä vettä läpäisevien pintojen osuutta ja viheralueiden määrää ja
laatua asuinympäristössä”³⁵.

³³ Kivilaakso ym., 17.12.2009 https://www.hel.fi/hel2/ksv/Aineistot/maanalainen/Maanalaisen_vleiskaavan_selostus.pdf

³⁴ Kivilaakso ym. 2006 https://www.hel.fi/hel2/ksv/Aineistot/maanalainen/Maanalaisen_toimintojen_vleinen_turvallisuusselvitys.pdf

³⁵ Kazmierczak & Kankaanpää, 2016 <https://www.hsy.fi/sites/Esitteet/EsitteetKatalogi/Raportit/HSY-Ilmastolahtoinen-sosiaalinen-haavoittuvuus.pdf>



Kuva 11. Helsingin sosiaalinen haavoittuvuus tulville.³⁶ Tummat värisävyt kuvaavat voimakasta haavoittuvuutta, vaaleat heikkoa. Valkoinen väri tarkoittaa, että arvioita varten ei ole ollut saatavissa riittävästi dataa.

HSY:n analyysi perustuu seuraaviin indikaattoreihin:

- Sijainti kilometrin säteellä rautatieasemalta
- Saavutettavuusvyöhyke
- Prosenttiosuus kotitalouksista autottomia
- Saavutettavuus hätätapauksen sattuessa
- Perusopinnot suorittaneiden prosenttiosuus
- Prosenttiosuus 6-vuotiaita lapsia
- Prosenttiosuus yli 75-vuotiaita vanhuksia
- Prosenttiosuus työvoimasta työttömiä
- Prosenttiosuus väestöstä työelämän ulkopuolella
- Prosenttiosuus työvoimasta pitkäaikaistyöttömiä
- Kotitalouksien mediaanitulo
- Vuokrausaste
- Yli 7 hengen kotitalouksien prosenttiosuus
- Prosenttiosuus opiskelijoita
- Prosenttiosuus yhden hengen kotitalouksia
- Kouluikäisten lasten prosenttiosuus väestöstä
- Vuokralla asuvien kotitalouksien prosenttiosuus
- Prosenttiosuus asunnoista vuokrattu ARA:lta
- Prosenttiosuus alasta viheraluetta
-

Näiden indikaattoreiden lisäksi sosiaalista haavoittuvuutta tarkasteltaessa pitäisi ottaa huomioon taloyhtiöiden ja asukkaiden tulvavakuutusten saatavuus, hinta ja vakuutuksen kattavuus tulvatilanteissa. Alueilla, joissa sosiaalinen haavoittuvuus tulville on suurinta, useimmat asunnot sijaitsevat kerrostaloissa (taulukko 1).

³⁶ Kazmierczak & Kankaanpää, 2016 <https://www.hsy.fi/sites/Esitteet/EsitteetKatalogi/Raportit/HSY-Ilmastolahtoinen-sosiaalinen-haavoittuvuus.pdf>

Taulukko 1. Kerrostalojen osuus Helsingin asuinalueilla, jotka ovat sosiaalisesti haavoituvimpia tulville

Helsingin asuinalue	Kerrostalojen osuus 2015³⁷
00270 Pohjois-Meilahti	99
00630 Maunula-Suursuo	87
00510 Etu-Vallila - Alppila	99
00520 Itä-Pasila	100
00790 Viikki	91
00820 Roihuvuori	100
00800 Länsi-Herttoniemi	89
00980 Etelä-Vuosaari	87

Kerrostaloissa taloyhtiöllä ja vuokrakerrostaloissa kerrostalojen omistajilla ja näiden vakuutuksilla on merkittävä rooli vahinkojen kattamisessa. Vakuutusten korvaavuus tulvatilanteessa täytty kuitenkin varmistaa huolella. Yleensä vakuutukset korvaavat vahinkoja vain *poikkeuksellisesti* tulvissa. Poikkeuksellisuus on määritelty vakuutusohjeissa³⁸.

Tiivistyvä kaupunkirakenne ja vettä läpäisemättömien pintojen lisääntyminen on Helsingissä merkittävä hulevesitulvariskiä lisäävä tekijä. Näitä pintoja syntyy rakennusten ja asfaltoitujen alueiden rakentamisen kautta. Helsingin kaupungin asiantuntijatyöpajassa arvioitiin useiden tekijöiden vaikuttavan hulevesiriskiin ja sen vaikutusten muodostumiseen. Lisäksi ympäristöpalvelut on arvioinut ilmastonmuutokseen sopeutumisen sisältymistä Helsingin kaupunkisuunnitteluun³⁹. Julkaisussa on arvioitu myös hulevesien hallintaa vaikeuttavia tekijöitä, joista merkittävin on **hulevesien kokonaisvaltaisen hallinnan puuttuminen kaupunkisuunnittelussa**. Tämän julkaisun ja riskianalyysoityön perusteella seuraavat seikat arvioitiin vaikuttavan kokonaisvaltaisen hallinnan puuttumiseen:

1. Putkien mitoitus tehdään huolella jo tällä hetkellä. Vanhoilla rakennetuilla alueilla hulevesien hallinta esimerkiksi sisäpihoilla voi kuitenkin olla puutteellista, sillä ne ovat usein asfaltoituja ja hulevesijärjestelmät voivat olla alimitoitettuja. Lisäksi kiinteistöjen ylläpitoresurssit voivat olla alimitoitettuja, mikä lisää tulvariskiä. Kasvava hulevesitulvariski pitää ottaa huomioon myös täydennysrakentamisessa.
2. Vaihtoehtoisten hulevesien hallintamenetelmien, eli käytännössä hulevesiä imevien viherrakenteiden käyttö, on sen sijaan tällä hetkellä liian vähäistä. Vettä läpäisevillä pinnoilla voidaan kaupungissa vähentää merkittävästi hulevesitulvariskiä.
3. Hulevesiselvityksiä uusille alueille ei tehdä kuin muutamissa tapauksissa (esim. Kuninkaantammi) jo kaavoituksen yhteydessä. Tässä yhteydessä koko aluetta tulisi tarkastella kokonaisuutena yhden korttelialueen sijaan. Monien alueiden tulvareitit on tällä hetkellä suunniteltu puutteellisesti, eivätkä tulvavedet siten poistu rankkasadetilanteissa alueelta hallitusti.
4. Hulevesiasiat ovat pääsääntöisesti jo rutiininomaisesti mukana vähänkin suuremmissa kaavahankkeissa. Kaavoitusprosessissa ei kuitenkaan ole vielä selkeitä ja koko kaupun-

³⁷Tilastokeskus http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/Postinumeroalueittainen_avoin_tieto/Postinumeroalueittainen_avoin_tieto_2017/paavo_6_ra_2017.px/?rxid=053ff272-26c0-467d-8071-622c786f660d

³⁸ Suomen ympäristökeskus SYKE, 20.10.2017 http://www.vmparisto.fi/fi-FI/Vesi/Tulviin_varautuminen/Tulvariskien_hallinta/Tulvavahinkojen_korvaaminen

³⁹ Haapala, 2017 <https://www.hel.fi/static/ymk/julkaisut/julkaisu-03-17.pdf>

gin organisaatiossa sisäistettyjä määräyksiä tai linjauksia ilmastonmuutokseen sopeutumisen ja hulevesien hallinnan integroinnille kaavoihin (paitsi kaupunkisuunnitteluviraston ympäristöohjelman keinovalikoima⁴⁰). Sopeutus- ja hulevesiasioiden suunnittelu voi monissa tapauksissa riippua pitkälti kaavoittajasta. Kaavoitusyhteistyö on kuitenkin parantunut viime vuosina. Erääksi ongelmaksi kaavoittajan näkökulmasta nousi, että hulevesimitoituksia on vaikea laskea, kun kaikki alueen suunnitelmat, esimerkiksi pihasuunnitelma, eivät vielä ole tiedossa.⁴¹

5. Hulevesien hallinnalle Helsingissä ei ole yhteisesti sovittua selkeää toteutushetkeä, toteuttajaa tai budjettia.
6. Putkien kapasiteettiin vaikuttavat tulvatilanteessa myös hetkelliset ongelmat, joiden syyt voivat joissain tapauksissa olla kuitenkin rakenteellisia. Hulevesiputkien tukkeutuminen rankkasateella esimerkiksi puiden lehdistä lisää tulvavesien nousua kaduille huomattavasti. Mahdollisiin toimenpiteisiin pitää varautua etukäteen erittäin suurten rankkasateiden varalta. Toisena tilanteen aikaisena riskitekijänä voi olla pelastustoimen ja terveydenhuollon varautumisen taso, mikäli tilannetta ei ole osattu ennakoida tai ei ole resursseja, joita käyttää tilanteen aikana. Tämä ei luultavasti ole ongelma tällä hetkellä, mutta resursoinnista pitää huolehtia erittäin poikkeavien tilanteiden varalle.
7. Haittoja syntyy, kun likaisia hulevesiä ohjataan puhdistamattomina suoraan vesistöihin ja Suomenlahteen.

5.1.4 Hulevedet aiheuttavat vahinkoja jo nykyilmastossa

Helsingissä ei ole vielä tapahtunut vakavia vahinkoja aiheuttanutta hulevesitulvaa kuten esimerkiksi Porissa vuonna 2008, Kööpenhaminassa vuosina 2011 ja 2014 ja Malmössä vuonna 2014. Porissa kustannukset nousivat yli 20 miljoonaan euroon. Rankkasateet ovat kuitenkin aiheuttaneet kellareiden tulvimista ja likaisten vesien ohjuoksutuksia vedenpuhdistamolla.

5.1.5 Hulevesitulvariski kasvaa ilmaston muuttuessa

Lain mukaan tulvariskien alustava arviointi tehdään toteutuneiden tulvien perusteella sekä ottamalla huomioon pitkän aikavälin ilmastonmuutos ilmaston ja vesiolojen kehittymisestä saatavissa olevien tietojen perusteella. Mahdollisten tulevien hulevesitulvien osalta riskiarvioinnin perusteena on pyydetty käyttämään historiallisiin rankkasadehavaintoihin pohjautuvaa, noin kerran sadassa vuodessa toistuvan rankkasateen aiheuttamaa hulevesitulvaa. Ilmasto-opiaan työkalun perusteella nähdään, että tällaisen rankkasateen sademäärä tunnissa on nykyisin noin 36,6 mm.

Vaikka Helsingissä ei vuonna 2011 tehdyn selvityksen perusteella ole merkittäviä hulevesitulvariskialueita niin muualta Pohjoismaista, esimerkiksi Kööpenhaminasta, on esimerkkejä, joissa todella poikkeukselliset rankkasateet ovat aiheuttaneet mittavia vahinkoja:

Kesäkuun toisena päivänä vuonna 2011 Kööpenhaminan keskustassa tapahtunut rankkasade aiheutti mittavan hulevesitulvan ja suuret vahingot. Ilta-aikaan satoi alle kahdessa tunnissa 90–

⁴⁰ Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto, 2015 https://www.hel.fi/static/public/hela/Kaupunkisuunnittelulautakunta/Suomi/Paatostiedote/2015/Ksv_2015-10-20_Ksik_23_Pt/6AED9EBF-0056-4ACC-A72F-8458086749D0/Liite.pdf

⁴¹ Haapala, 2017 <https://www.hel.fi/static/ymk/julkaisut/julkaisu-03-17.pdf>

135 millimetriä vettä. Lisäksi tapaukseen liittyi rakeita ja salamoita. Vakuutettujen vahinkojen taloudellinen arvo oli noin miljardi euroa, mikä teki tapauksesta Euroopan kalleimman luonnonilmiöstä aiheutuneen katastrofin vuonna 2011. Yksittäisiä vahinkotapauksia oli noin 90 000. Tulva oli niin laaja, että se aiheutti merkittäviä ongelmia infrastruktuurille: esimerkiksi Kööpenhaminan yliopistollinen sairaala tulvi ja sen toimintoja piti siirtää muualle, 10 000 kotitaloutta kärsi sähkökatkoista, 50 000 ihmisen kaukolämpö ja kuuma vesi katkesi viikoksi, ja yhden vankilan, poliisin sekä hätäkeskuksen kommunikointi- ja tietokonejärjestelmät kärsivät vahinkoja. Arvion mukaan 70 % Kööpenhaminan kaupungin kriittisistä IT-systeemeistä oli lähellä romahtamista. Hätäkeskuksen konehuoneen tulviminen aiheutti riskin hätäkeskusjärjestelmän täydellisestä romahtamisesta, mutta tältä vältyttiin ja hätänumero toimi koko tilanteen ajan. Tulvavesi vaikeutti myös ambulanssien kulkua. Toimistoja jouduttiin sulkemaan ja pitämään kiinni joissain tapauksissa useita päiviä. Kööpenhaminan tulva aiheutti myös terveysvaikutuksia. Tulvan aikana ei tullut kuolonuhreja, mutta myöhemmin raportoitiin viisi leptospiroosi⁴²-tapausta, joista yksi johti ihmisen kuolemaan. Sadeveden kanssa kosketuksissa olleita työntekijöitä sairastui, tulvavesi aiheutti liikenneonnettomuuksia, ja kaivoista tuleva tulikuuma höyry aiheutti palovammoja yhdeksälle ihmiselle.⁴³

Vaikka Kööpenhaminan kaltaista rankkasadetta ei ole vielä mitattu Suomessa, on sen mahdollisuus olemassa Helsingissä jo nykyilmastossa. Sen vuosittainen todennäköisyys nykyilmastossa on hyvin pieni, huomattavasti alle 1 %, mutta todennäköisyys kasvaa ilmastonmuutoksen seurauksena. Kööpenhaminan esimerkki osoittaa, että Helsingin kantakaupungissa taloudelliset, yhteiskunnalliset ja terveydelliset vaikutukset äärimmäisen poikkeavasta rankkasateesta voivat nousta suuriksi. Kööpenhaminan tapauksesta ei voida vaikutusten osalta kuitenkaan suoraan arvioida vaikutuksia Helsingissä, sillä kaupunkirakenteet (esim. puistojen ja muun kaupunkivihreän määrä, hulevesiputkien mitoitus, korkeuserot ym.) ovat erilaisia. Vastaavan sademäärän aiheuttama hulevesitulvariski on kuitenkin kantakaupungissa huomattava. Kantakaupungin hulevesitulvariskin ja rankkasateiden leviäminen vaatii kuitenkin tarkempaa mallintamista kuin tämän riskianalyysin puitteissa oli mahdollista.

5.1.6 Hulevesitulvien vähentämiseen tarvitaan sadevesiä pidättäviä viheralueita sekä viestintää

Hulevesien hallinnan parantamiseksi on vuosien 2017–2018 aikana laadittu Helsingin kaupungin hulevesiohjelma⁴⁴. Se korvaa vuonna 2008 hyväksytyyn hulevesistrategian⁴⁵. Ohjelmassa on päivitetty hulevesien hallinnan toimet ja vastuukysymyksiä (kuka vastaa toimien toteuttamisesta ja kustannuksista). Ohjelmassa on esitetty periaatteet ja toimenpiteet, joilla kaupungin palvelut vähentävät hulevesitulvariskejä Helsingissä. Ohjelman toimenpiteet toteutetaan ja niitä kehitetään osana kaupungin suunnittelua ja rakentamista ja niihin liittyviä erilaisia prosesseja. Lisäksi Helsinki tekee vuonna 2018 lain edellyttämän **hulevesitulvariskitarkastelun**, jossa tunnistetaan Helsingin hulevesitulvariskikohteet ja hulevesitulvaherkät kohteet. Saatujen tulvariskikohteiden merkittävyys arvioidaan, ja mikäli merkittäviä tulvariskikohteita löytyy, niille laaditaan erikseen tulvariskien hallintasuunnitelmat.

Hulevesien hallintaa pyritään tekemään ensisijaisesti imeytys-, viivytyks- ja pidätysrakenteilla, kuten viheralueilla. Helsingin vuoden 2018 talousarvion mukaan ”merkittävä osa huleve-

⁴² Leptospiroosi on *Leptospira*-bakteerisuvun aiheuttama kuumetauti.

⁴³ The Danish Emergency Management Agency (DEMA), 2013 [https://brs.dk/viden/publikationer/Documents/National_Risk_Profile_\(NRP\)_-English-language_version.pdf](https://brs.dk/viden/publikationer/Documents/National_Risk_Profile_(NRP)_-English-language_version.pdf)

⁴⁴ Helsingin kaupunki, 2018 https://www.hel.fi/static/public/hela/Kaupunkivmparistolautakunta/Suomi/Paatos/2018/Kymp_2018-02-06_Kyik_3_Pk/4BB779B9-2EC3-C7BE-946F-61098D700000/Liite.pdf

⁴⁵ Nurmi ym., 2008 https://www.hel.fi/static/hkr/julkaisut/2008/hulevesistrategia_2008_9.pdf

sien käsittelystä tapahtuu tulevaisuudessa viheralueilla, mikä edellyttää viheralueiden suunnitteluun panostamista ja toteutus- ja ylläpitoprosessin selkiyttämistä ja sujuvoittamista⁴⁶. Ilmatieteen laitoksessa tehdyn tutkimuksen mukaan **kaupunkivihreän suunnittelussa pitää ottaa huomioon eri kaupunginosien erot**. Vääränlainen viheralue voi vaikuttaa alueen asuntojen hintakehitykseen. Helsingin keskustassa asuntojen arvoa lisää kaupunkipuiston läheisyys. Esikaupungeissa tämän kaltaisten puistojen merkitys asuntojen arvojen muodostuksessa ei ole niin merkittävää, vaan niissä tärkeitä ovat avoimet niityt ja metsät.⁴⁷

Rakenteellisia muutoksia tehdään myös. Tiheimmin rakennetuilla alueilla rakennetaan erillisiemärviemäriä hulevesien vähentämiseksi viemäriverkostossa. Tällä pyritään vähentämään rankkasateiden aikaisia ympäristövaikutuksia, sillä mikäli sekaviemärviemäriä ei riitä, jätevedettä joudutaan juoksuttamaan suoraan vesistöihin ilman puhdistusta. Nykyinen sekaviemäriverkosto on tosin kapasiteetiltaan pääsääntöisesti suurempi kuin mahdollisesti uusi erillinen hulevesiviemäri, joka tyyppillisessä kohteessa mitoitetaan 3–4 vuoden välein toistuvilla sateilla. Siten paikallisten hulevesiratkaisujen, kuten imeytys-, viivytys- ja pidätysrakenteiden, merkitys hulevesien hallinnassa kasvaa.

Hulevesiselvitykset tulisi tehdä uusille alueille jo kaavoituksen yhteydessä. Tässä yhteydessä yhden korttelialueen sijaan tulisi tarkastella koko aluetta kokonaisuutena. Alueiden tulva-reiitit tulisi suunnitella huolellisesti, jotta hulevedet poistuvat alueelta hallitusti. Esimerkiksi Kööpenhaminassa hyväksytään hetkellinen veden pinnannousu kadulla muun infrastruktuurin suojelemiseksi. Hulevesien hallintasuunnitelmat tulisi tehdä myös pienemmille alueille, ja valuma-alueita tulisi tarkastella kokonaisuuksina.

Maankäyttö- ja rakennuslain sekä vesihuoltolain muutosten seurauksena vastuut hulevesiviemärviemärvien kustannuksista muuttuvat. Vesihuoltolain mukaisesti Helsingin kaupunki alkaa maksaa vesihuoltolaitokselle korvausta yleisten alueiden hulevesiviemärvien kustannuksista. Helsingin kaupungilla ja HSY:llä on tarkoitus allekirjoittaa sopimus hulevesiviemärvien kustannuksista vuoden 2018 aikana. Kaupunki voi halutessaan periä hulevesistä aiheutuvat kustannukset alueensa kiinteistöiltä.⁴⁸

Helsingillä on käytössä kaavoituksen työkaluna viherkerroin, joka kuvaa tontin painotetun viherpinta-alan ja tontin kokonaispinta-alan välistä suhdelukua. Painotettu viherpinta-ala koostuu erilaisten viherkerroinelementtien (esim. nurmi, viherkatto, istutettava puu) yhteenlasketuista painotetuista pinta-aloista. Laskennassa käytettävät elementtien painotukset on määritelty ekologisuuden, toiminnallisuuden, maisema-arvon ja kunnossapidon näkökulmista, ottamalla huomioon Helsingin kaupungin maankäytön asiantuntijoiden näkemykset⁴⁹.

Riskianalyysiprosessin aikana järjestetyssä työpajassa nousi esiin useita hulevesitulviin liittyviä sopeutumistoimia, joista osa on jo jollain tasolla Helsingissä käytössä. Maankäytön suunnittelussa viherrakenteiden käytöllä lisätään läpäisevien pintojen määrää. Esimerkiksi Helsingin viherkattolinjauksen⁵⁰ yhtenä tavoitteena on hulevesien parempi hallinta. Läpäiseviä pintoja tulisi käyttää ja suosia myös muualla kuin viheralueilla, kuten katujen reuna-alueilla ja pysäköintikentillä. Tähän pitäisi kiinnittää erityistä huomiota täydennysrakentamisessa.

⁴⁶ Helsingin kaupunki, Kaupunginkanslia, 2017 https://www.hel.fi/static/kanslia/Julkaisut/2017/HKI_TA_2018_web.pdf

⁴⁷ Votsis, A. 2017a <http://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.09.029>

⁴⁸ Helsingin kaupunki, Kaupunginkanslia, 2017 https://www.hel.fi/static/kanslia/Julkaisut/2017/HKI_TA_2018_web.pdf

⁴⁹ Ilmastonkestävän kaupungin suunnitteluopas <http://ilmastotvokalut.fi/tyokalut/viherkerroin/>

⁵⁰ Helsingin kaupunki, 2016 <https://dev.hel.fi/paatokset/media/att/08/08ad9d722e708c4e5ff9aeb3a8c291137aeeab6f.pdf>

Isossa-Britanniassa on tutkittu myös kiinteistöjen omatoimista suojautumista erilaisilla tulvimis- korkeuksilla. Tähän on kehitetty tekniikoita, kuten pika-asennettavia tulvaseiniä. Vaikutuksia voidaan vähentää myös tiedottamalla asukkaita ennen tulvaa tehtävistä toimenpiteistä. Tämä voi tapahtua esimerkiksi annettaessa ennakkovaroitus mahdollisesti vahinkoa aiheuttavasta rankkasateesta. **Helsingin kaupungilla on merkittävä rooli riskiviestinnässä, sillä asukkaiden ja kaupungin muiden toimijoiden varautuminen poikkeusoloihin on ensisijaisen tärkeää.** Sää ei talvien liukkaista säistä ja lumipyryjä lukuun ottamatta aiheuta merkittäviä vaaratilanteita Helsingissä, joten kaupunkilaisten varautuminen muihin sään tai ilmaston vaihtelun aiheuttamiin poikkeustilanteisiin ei välttämättä ole parhaalla mahdollisella tasolla. **Esimerkiksi hulevesitulvariskien varautumista tulisi lisätä ja ihmisiä tulisi opastaa kuinka toimia tilanteissa, joissa perusinfrastruktuuri ja elintärkeät toiminnot eivät toimi.** Helsingillä on käytössään viestintävälineinä esimerkiksi kansalaisille jaettava tulvaohje⁵¹ sekä Helsingin turvasivut⁵², jonne pitäisi lisätä tietoa siitä, miten asukkaat voivat varautua myös sään aiheuttamiin poikkeustilanteisiin.

Pelastuslaitoksen näkökulmasta yhtenä toimenpiteenä on yhteistyön lisääminen sään ääri-ilmiöiden ennustamisessa ja ennakkovaroitusten käytössä tilanteisiin varautumisessa.

5.2 Ilmastomuutos kasvattaa merivesi- ja vesistötulvariskiä

5.2.1 Helsingin rannikko on merkittävä meritulvariskialue

Helsingin rannikko yhdessä Espoon kanssa on yksi Suomen 21 merkittävästä tulvariskialueesta, jotka on määritelty EU:n tulvadirektiivin perusteella⁵³. Helsingin rannikkoalueelle on määritelty yhteensä 15 tulvakohdetta⁵⁴. Suomen rannikon meritulvat ovat yleensä seurausta monen tekijän yhteisvaikutuksesta, ja ne aiheutuvat ennen kaikkea kovista tuulista ja ilmanpaineeroista, Itämeren kokonaisvesimäärän muutoksista sekä Itämeren altaan merenpinnan edestakaisesta ominaisheilahtelusta. Sopivan suuntaiset tuulet Tanskan salmien alueella voivat pitää Itämeren pintaa useita viikkoja valtameren pintaa korkeammalla.

5.2.2 Ilmastomuutos nostaa Helsingissä merenpinnan korkeutta

Ilmastomuutoksen myötä merenpinnan korkeuteen vaikuttavat merten lämpölaajeneminen ja jäätiköiden sulaminen. Nämä tekijät ovat tällä hetkellä kutakuinkin yhtä merkittäviä. Tulevaisuudessa suurin potentiaalinen merenpinnan nousun lähde on mannerjäätiköiden sulaminen. Lisäksi ilmastomuutos voi vaikuttaa Itämeren kokonaisvesimäärään (veden vaihto Tanskan salmien kautta) ja sitä kautta rannikkomme vedenkorkeuteen. Ilmastomuutoksesta riippumatta merivedenkorkeuteen vaikuttavat maankohoaminen sekä vuorovesi. Maankuori kohoaa jääkauden aikaisesta puristuksesta Suomen rannikolla paikasta riippuen noin 4–10 mm vuodessa, ja **Helsingissä maankohoamisvauhti on noin 4 mm vuodessa**⁵⁵. Vuorovesivaihtelut ovat Suomen rannikolla pieniä verrattuna moniin muihin rannikkoalueisiin maailmalla: vuorovesi

⁵¹ Helsingin kaupunki, 2013 https://www.hel.fi/static/helsinki/julkaisut/Tulvaohje_suo_17062013.pdf

⁵² Helsingin kaupunki: Varautuminen <https://www.hel.fi/turva/fi/varautuminen/>

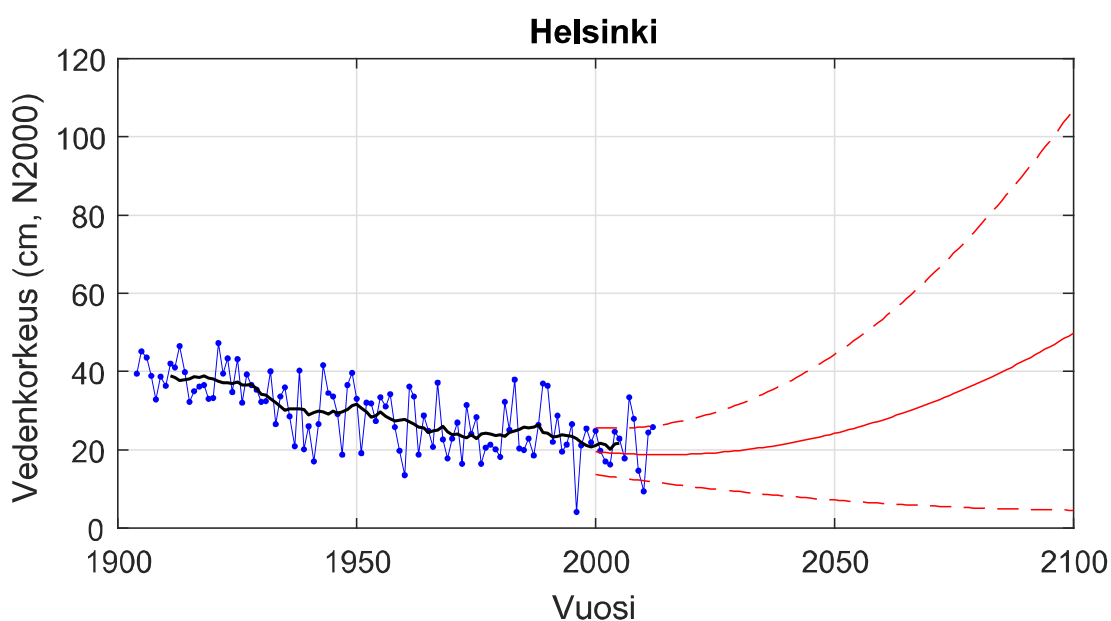
⁵³ EU:n direktiivi tulvariskien arvioinnista ja hallinnasta 2007/60/EY <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:288:0027:0034:FI:PDF>

⁵⁴ Jaakonaho ym., 2015 http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Tulviin_varautuminen/Tulvariskien_hallinta/Tulvariskien_hallinnan_suunnittelu/Tulvariskien_hallinta-suunnitelmat/Helsingin_ ja_Espoon_rannikkoalueen_tulva%2829184%29

⁵⁵ Johansson ym., 2014 <https://doi.org/10.1016/j.imarsys.2012.08.007>

muuttaa vedenpinnan korkeutta rannikollamme muutamasta senttimetristä 10–15 senttimetriin, ja suurimmat vaihtelut havaitaan lahtien pohjukoissa.

Maankohoamisilmiöstä huolimatta merenpinnan keskikorkeus Helsingin edustalla nousee vuosisadan loppua kohti useita kymmeniä senttimetrejä. Tämä johtuu pääasiassa meriveden lämpölaajenemisesta ja mannerjäätiköiden sulamisesta. Tämänhetkisten arvioiden mukaan keskimääräinen merenpinta nousee Suomenlahdella noin 30 cm vuosina 2000–2100, korkeimman arvion ollessa noin 90 cm (kuva 12). Vaihtelu keskimääräisen ja korkeimman arvion välillä johtuu siitä, että vuosisadan loppuun ulottuvissa skenaarioissa on vielä paljon epävarmuuksia: on erityisen vaikeaa ennustaa, miten mannerjäätiköt (Grönlanti ja Länsi-Antarktis) käyttäytyvät tulevaisuuden ilmastossa. Maankohoamisen vuoksi keskimääräinen merenpinnan nousu jää Suomen rannikolla pienemmäksi kuin ilman sitä.⁵⁶



Kuva 12. Keskimääräinen meriveden pinnan korkeus Helsingissä⁵⁷. Sininen käyrä esittää vedenkorkeuden havaitut vuosikeskiarvot, musta käyrä havainnoista lasketun pitkän ajan keskiarvon ja punaiset käyrät keskimääräisen merenpinnan tason tulevaisuuden skenaarion 5–95 %:n epävarmuusrajoineen (katkoviivat). Skenaario on laskettu yhdistämällä useita uusimpia ennusteita valtamerten pinnannoususta (ottamalla huomioon alueelliset poikkeamat globaalista keskiarvosta), maankohoaminen sekä arvio tuuli-ilmaston muutoksen vaikutuksesta Suomen rannikon vedenkorkeuksiin. Suurin epävarmuus liittyy siihen, miten Länsi-Antarktisen mannerjäätikkö reagoi ilmaston lämpenemiseen.

Meritulvariskin kasvua Helsingissä voidaan havainnollistaa esimerkiksi seuraavasti: keskimäärin kerran sadassa vuodessa tapahtuvan meritulvan korkeus kaikkialla Helsingissä on nykyarvion mukaan +2,00 m vuonna 2050 ja +2,57 m vuonna 2100 N2000-korkeusjärjestelmän suhteen⁵⁸. Toistaiseksi korkein Helsingissä mitattu meritulva on ollut +1,7 m (N2000) vuonna 2005 Gudrunmyrskyn yhteydessä. N2000-korkeusjärjestelmä on peruskallioon sidottu geodeettinen korkeus-

⁵⁶ Kahma ym., 2014 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/135226>

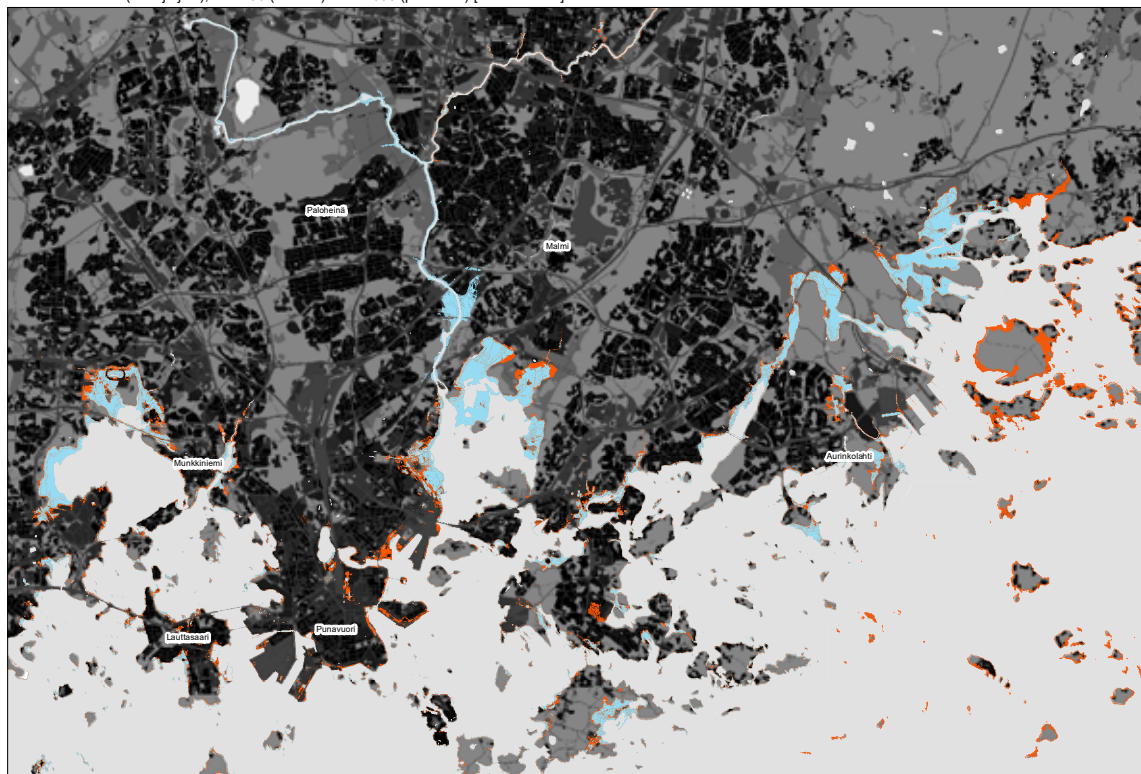
⁵⁷ Johansson ym. 2014 <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2012.08.007>

⁵⁸ Kahma ym., 2014 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/135226>

järjestelmä, jonka nollataso on Helsingissä noin 20 cm nykyisen keskiveden alapuolella. Tulvakorkeudet on annettu N2000-järjestelmässä, koska sen taso on muuttumaton maan ja rakenteiden suhteen, kun taas keskiveden taso muuttuu ajan myötä.

Helsingin rannikolla ja vesistöissä tilastollisesti äärimmäisen harvinaisen ja vähemmän harvinaisen tulvan välisen veden alle jäävän maa-alan pinta-alojen ero on melko pieni (kuva 13). Keskimäärin kerran 50 vuodessa toistuvan tulvan tulvakorkeus on kuitenkin 50 cm matalampi kuin 1/1000-toistuvuuden tulvakorkeus⁵⁹.

Tulvavaara alueet (meri ja joki), ero 1:50 (sininen) vs. 1:1000 (punainen) [lähde: SYKE]



Kuva 13. Tulvavaara-alueet äärimmäisen harvinaiselle (toistuvuus-aika 1/1000 = vuosittainen todennäköisyys 0,1 %) meri- ja vesistötulvalle ja vähemmän harvinaiselle (toistuvuus-aika 1/50 = vuosittainen todennäköisyys 2 %) tulvalle. (Lähde: Suomen ympäristökeskuksen tulvakartta-aineisto. Kartta: Athanasios Votsis) Tilastollisesti kerran 50 vuodessa ja kerran 1000 vuodessa tapahtuvien tulvien alle jäävän maapinta-alan ero on melko pieni (kuvattu kartassa punaisella). Tulvakorkeudet edustavat nykytilanteen tulvia, eikä niissä ole otettu huomioon ilmastomuutoksen vaikutusta.

5.2.3 Talven 2005 merivesitulva nousi Kauppatorille ja katkaisi teitä

Tammikuussa 2005 Helsingissä koettiin nykyyhistorian merkittävin meritulva. Tulvavesi nousi muun muassa Kauppatorille, jossa sitä torjuttiin pumppaamalla vettä viemäriverkostosta mereen, jottei se viemärien kautta tunkeutuisi keskustan kellareihin. Tulva tunkeutui kymmeneen taloihin ja kiinteistöjen kellareihin, katkaisi useita teitä ja esti Suomenlinnan lauttaliikenteen laitureiden jäädessä veden alle. (Myrskyvaroitus-portaali⁶⁰). Kaivopuiston Kompassitori oli täysin veden alla, ja

⁵⁹ Kahma ym., 2014 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/135226>

⁶⁰ Myrskyvaroitus-portaali <http://www.myrskyvaroitus.com/>

Ehrenströmintiellä autot lipuivat vesipatjan läpi vähän yli puoleenpäivään asti, kunnes tie suljettiin. Mittavilta vahingoilta välttyttiin tilapäisten tulvasuojelurakenteiden avulla. Sörnäisten sata-massa 400–500 tuontiautoa kärsi vesivahinkoja, kun niiden suojaksi hiekasta ja sepelistä tehty suojavaalli murtui yöllä. Suomenlinnassa tulva aiheutti rantojen syöpymistä ja paikallisia sortu-mia.⁶¹ Tulvavesi katkaisi myös Pohjoisrannan ja Pohjois-Espladin liikenteen⁶². Muualla pää-kaupunkiseudulla tulva katkaisi osittain Kehä I:n Otaniemessä, ja myös Kehä III:n ja Itäväylän risteysalue oli osittain poikki. Tulva oli korkein mitattu tulva itäisellä Suomenlahdella ja sen on arvioitu aiheuttaneen Suomessa yhteensä noin 12 miljoonan euron vahingot⁶³. Helsingille aiheu-tuneista taloudellisista vahingoista ei ole tiedossa arviota.

5.2.4 Helsingin meritulvariskialueella asuu vähän ihmisiä ja kiinteistöjen arvo on korkea

Tulvariski riippuu siitä, miten tulvariskialueet kaavoitetaan ja rakennetaan. Helsingissä on monia vanhoja meren rannalla sijaitsevia kaupunginosia, ja viime vuosina on kaavoitettu myös uusia merenrantakaupunginosia, kuten Arabianranta ja viimeisimpänä Kalasatama ja Jätkäsaari. Vuonna 2007 toteutetun tulvakohteiden määrittelyn⁶⁴ mukaan laajimmat yhtenäiset tulvavaara-alueet sijaitsevat Munkkiniemessä, Tammisalossa, Laajasalossa, Vartiokylässä ja Vuosaarella. Samainen dokumentti yksilöi (N2000-korkeusjärjestelmässä) meritulvariskikohteet +1,10 m:n ja NN +2,00 m:n suuruiselle merenpinnan nousulle.

Helsingin meritulvariskialueella asui vuonna 2014 vain vähän ihmisiä (taulukko 2). Meritulvien riskialueet eivät ole HSY:n analyysin perusteella sosiaalisesti haavoittuvimpia, eikä alueelta löytynyt paljonkaan ihmisiä, jotka olisivat haavoittuvia meritulville. Lisäksi alueella sijaitsevat asunnot ja kiinteistöt on suojattu hyvin tulvilta.

Taulukko 2. Väestön määrä Helsingin meritulvariskialueilla vuonna 2014

Tulvan toistuvuus aika ja vuo-sittainen todennäköisyys	Väestön määrä tulvariski-alueilla vuonna 2014
1:2 = 50 %	310
1:5 = 20 %	911
1:10 = 10 %	1350
1:20 = 5 %	1631
1:50 = 2 %	2051
1:100 = 1 %	2465
1:250 = 0,25 %	3461
1:1000 = 0,1 %	6345

Kiinteistöjen arvo tulvariskialueilla on indikaattori tulvien taloudellisille vaikutuksille. Hel-singin asuntojen keskineliöhinta meritulvavaara-alueilla on esitetty kuvassa 14.

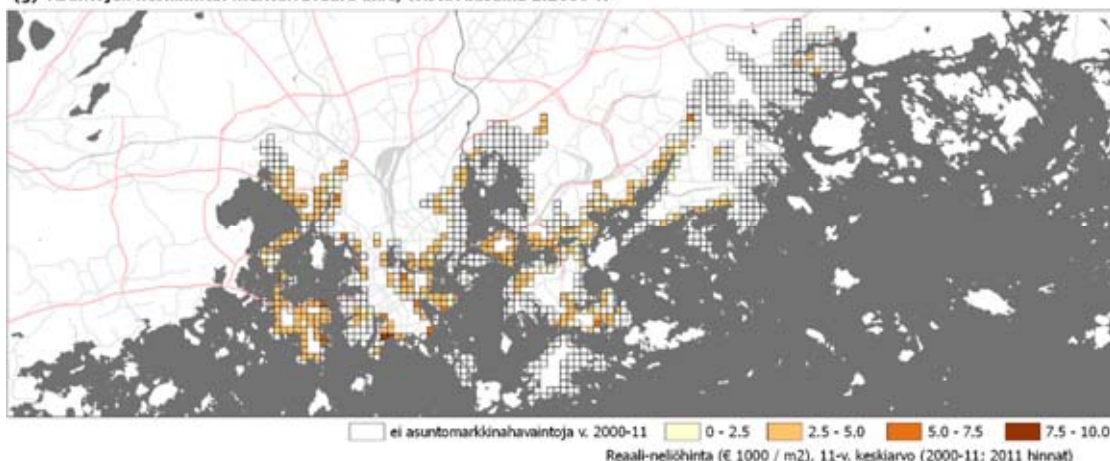
⁶¹ Vähäkäkelä ym., 2010 http://www.ymparisto.fi/download/Turina_su_Uusimaa_meritulvapdf/d3b7b2d0-6f50-41a6-b0ba-4511bbc09eae/52201

⁶² Helsingin Sanomat, 10.1.2005 <https://www.hs.fi/kotimaa/art-2000004279516.html>

⁶³ Hallituksen esitys Eduskunnalle laiksi tulvariskien hallinnasta ja eräksi siihen liittyviksi laeiksi HE 30/2010 <http://www.finlex.fi/fi/esitykset/he/2010/20100030>

⁶⁴ Vähäkäkelä ym., 2007 https://www.hel.fi/static/hkr/julkaisut/tulvakohteet/tulvakohteet_esiselvitys.pdf

(g) Asuntojen keskihinta: meritulvavaara alue, toistuvuus aika 1:1000 v.



Kuva 14. Omakoti- ja rivitalojen pitkän aikavälin (2000–2011) markkinahintojen keskiarvo (1000 euroa/m² alueilla, jotka sijaitsevat 1/1000 tulvariskialueella. Tummat värisävyt kuvaavat korkeampia ja vaaleat matalampia asuntojen keskihintoja. Aineisto perustuu kiinteistövälittäjien tuottamaan laajaan otokseen (N = 57693) kiinteistökaupoista. Aineiston kokoa VTT. Kartta: Athanasios Votsis

Tarkemmin kiinteistöjen arvo on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Asuinkiinteistöjen arvo (keskiarvo ja kokonaisarvo 2000–2011 sekä kiinteistökauppojen kokonaisarvo 2011)

Tulvan toistuvuus- aika ja vuosittainen todennäköisyys	Asuinkiinteistöjen arvo /m ² (2000–2011 keskiarvo)	Keskimääräinen asuinkiinteistöjen kokonaismarkkina-arvo 2000–2011	Tulvariskialueen asuinkiinteistökauppojen kokonaisarvo vuonna 2011
	1000 €	1000 €	1000 €
1:2 = 50 %	3,535	278,223	0
1:5 = 20 %	2,670	261,554	1001
1:10 = 10 %	2,800	297,074	1001
1:20 = 5 %	3,242	483,726	1001
1:50 = 2 %	3,453	376,469	3081
1:100 = 1 %	3,821	389,001	5047
1:250 = 0,25 %	3,864	309,669	8088
1:1000 = 0,1 %	3,609	254,448	21968

Meritulvatilanteessa taloudellisten vaikutusten riski kasvaa erityisesti, jos asuinrakennuksissa on kellareita katutasen alapuolella ja alin perustamistaso on turvallisen rakentamiskorkeuden alapuolella. Alimman lattian alla mahdollisesti oleva ryömintätila on myös alttiina tulvavahingoille. Samoin jos alimmat lattiat ovat maanvaraisia tai maanvastaisia, riski kosteuden kapillaariselle nousemiselle on suurempi. Uusilla mahdollisilla riskialueilla tulvien vaikutuksia voidaan vähentää noudattamalla annettuja ohjeita turvallisista rakentamiskorkeuksista sekä raken-

nusmateriaaleilla. Hyvälaatuinen tiivis betoni, missä on vähän saumakohtia, voi hetkellisesti kestää kosteutta. Sen sijaan huonosti tiivistetty tai huonolaatuinen betoni on erittäin herkkä kosteusvaurioille tulvatilanteessa. Betonin päällä oleva maali ei pidätele kosteutta, mutta muodostaa seinän pintaan hengittämättömän kalvon. Tulvatilanteissa myös kellareissa olevat irtaintavarat ovat vaarassa kastua.

Helsingissä on useita ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavia kohteita, jotka sijaitsevat meritulvariskialueella (taulukko 4). Ne selvitettiin vuonna 2010⁶⁵.

Taulukko 4. Ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavat kohteet Helsingin tulvariskialueella jossa tulvatapauksessa merivesi nousee 2 metriä yli keskivedenkorkeuden

Ympäristövaaraa aiheuttavat kohteet	Määrä (kpl)
Pilaantuneet maat, kompostointikentät ja ravinnekuormitusta aiheuttavat	12
Vanhat kaatopaikat	4
Satamat, telakat ja talvisäilytysalueet	27
Jätehuolto	2
Polttoaine- ja kemikaalivarastot	21

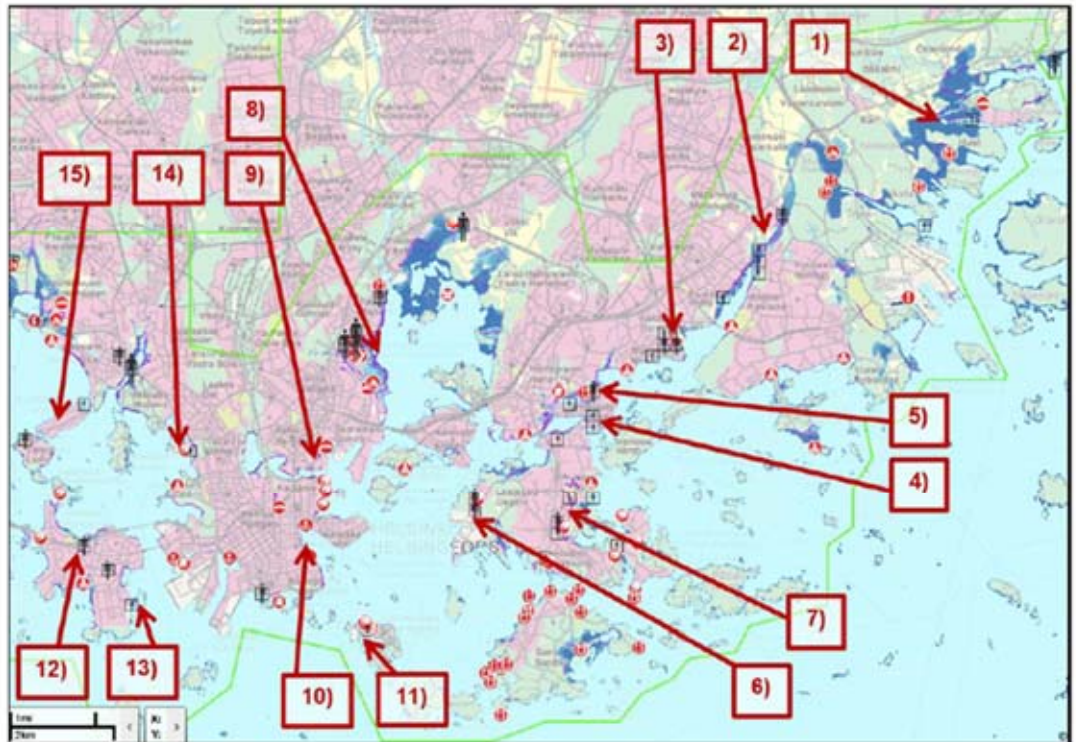
Lisäksi meritulvien aikana viemäriverkosto joutuu koetukselle. Vesistöjen tulviminen viemäriverkostoon on tunnistettu ilmiö, ja sitä torjutaan asentamalla takaisinvirtauksen estolaitteita tunnistettuihin ongelmakohtiin. Esimerkiksi tammikuun 2005 merivesitulvan seurauksena viemäriverkoston ylivuotokohdat varustettiin luukuin.

5.2.5 Meri- ja vesistötulvariskit kohoavat jonkin verran

Ilmastonmuutoksen johdosta nouseva meriveden pinta lisää meritulvariskiä jonkin verran. Uusilla asuinalueilla riski otetaan huomioon jo rakennusvaiheessa, mutta vanhoilla merenranta-alueilla riski on suurempi. Riskiä on kuitenkin vähennetty Helsingissä monella eri tavalla. Helsingin meritulvariskialueilla ei asu paljoa ihmisiä, joten altistuminen on melko pientä. Kiinteistöjen omatoiminen varautuminen on merkittävä meritulvariskiin vaikuttava tekijä.

Tämän hetkiset Helsingin alueelliset meritulvariskikohteet on esitetty kuvan 15 kartassa.

⁶⁵ Vaitomaa ym., 2010 <https://www.hel.fi/static/vmk/julkaisut/julkaisu-09-10.pdf>



Kuva 15. Meritulvariskikohteet Helsingissä⁶⁶ Kartan tilanne todennäköisesti muuttuu ilmaston muuttuessa.

Vesistötulva Helsingissä aiheutuu rankkasateista ja lumen sulamisesta. Tulvivia vesistöjä ovat erityisesti Vantaanjoki ja pienet purot. Vesistötulvat ovat kasteleet omaisuutta, hetkellisesti haitanneet alueiden virkistyskäyttöä sekä lisänneet ravinteiden ja muiden epäpuhtauksien valumista vesistöihin. **Ilmastonmuutoksen arvioidaan lisäävän vesistötulvien esiintymistä myös talvisin.** Vantaanjoen tulvariskialueita ovat erityisesti Savelan asuinalue ja Oulunkylän siirtola-puutarha-alue.⁶⁷

5.2.6 Meri- ja vesistötulvien vaikutusten vähentämiseksi on pyritty ennaltaehkäiseviin toimiin

Meri- ja vesistötulvariskin hallitsemisen pääpaino Helsingissä on ollut tulvariskiä ehkäisevässä, vaikutusten vähentämiseen pyrkivässä toiminnassa. Meritulvan riskiä on pyritty vähentämään muun muassa maankäytön suunnittelulla, tulvariskeihin liittyvien selvitysten laadinnalla⁶⁸ sekä rakenteellisilla tulvasuojelutoimenpiteillä. Uusilla asuinalueilla tulvariskiä pyritään minimoimaan esimerkiksi määräämällä asuinrakennusten alimmat rakentamiskorkeudet kaavoitus- hetkellä voimassa olevien suositusten mukaisiksi ja kaavoittamalla yhteiskunnan toimivuuden kannalta oleelliset toiminnot tulva-alueiden ulkopuolelle. Helsingin rannikolle on vuonna 2016 määritetty paikkakohtaiset turvalliset rakentamiskorkeudet vuosille 2020, 2050 ja 2100 ottamalla

⁶⁶ Jaakonaho ym. 2015 http://www.vmparisto.fi/fi-FI/Vesi/Tulviin_varautuminen/Tulvariskien_hallinta/Tulvariskien_hallinnan_suunnittelu/Tulvariskien_hallinta-suunnitelmat/Helsingin_ja_Espoon_rannikkoalueen_tulva%2829184%29

⁶⁷ Suomalainen ym., 2015 http://www.vmparisto.fi/fi-FI/Vesi/Tulviin_varautuminen/Tulvariskien_hallinta/Tulvariskien_hallinnan_suunnittelu/Tulvariskien_hallinta-suunnitelmat/Vantaanjoen_vesistoalueen_tulvariskien_h%2829282%29

⁶⁸ Vähäkäkelä ym., 2007 https://www.hel.fi/static/hkr/julkaisut/tulvakohteet/tulvakohteet_esiselvitys.pdf

huomioon vedenkorkeuden ja aallokon yhteisvaikutus⁶⁹. Selvityksessä mitattiin aaltoja, tuulta ja vedenkorkeuksia. Tietojen avulla arvioitiin, miten korkealle yhtenäinen vesimassa pystyy nousemaan jyrkällä rannalla. Tietoa hyödynnetään ranta-alueille sijoittuvissa rakentamisprojekteissa. Helsingin kaupunki on lisäksi laatinut tulva-alueiden asukkaille suunnatun omaisuuden suojausta käsittelevän ohjeistuksen ”Helsingin kaupungin tulvaohje”⁷⁰.

Nykyinen tulvariski ja ilmastonmuutoksen takia kasvava meritulvan riski on otettu huomioon uusissa kaupunginosissa. Uusilla rakennusalueilla käytetään Turvalliset rakentamiskorkeudet -selvityksen mukaisia alimpia perustamistasoja⁷¹. Esimerkiksi Jätkäsaarella on varauduttu metrin suuruiseen merenpinnan nousuun korottamalla maanpintaa yli metrillä aiemmin alueella sijainneen sataman aikaisesta maanpinnan tasosta. Alin sallittu lattiakorko alueella on 3,5 metriä merenpinnasta.⁷² Monilla paikoilla katujen ja pihojen pinnantasausta on nostettu aiemmasta sataman tasosta useilla metreillä. Turvallisissa rakentamiskorkeuksissa on varauduttu merivedenpinnan nousun ja aaltoilun lisääntymiseen. Ajankohtaista tietoa Helsingin lähivesien korkeuksista ja aaltoilusta löytyy osoitteesta <http://meri.hel.fi>. Muita tulvasuojelutoimenpiteitä joudutaan arvioimaan myös jokaisen uuden kaupunginosan kohdalla erikseen.

Vanhemmissa tulvariskikohteissa käytetään joko kiinteitä, rakennettuja suojausrakenteita tai meriveden noustessa tilapäisiä tulvasuojaustoimenpiteitä. Monissa tapauksissa kiinteistökohtaiset toimenpiteet ovat kiinteistöjen omistajan vastuulla.

Rakennusviraston esiselvityksessä tulvakohteiden määrittelystä⁷³ on ”käyty läpi kaupunginosittain ne tulvariskikohteet, joissa merivesitulva voi aiheuttaa haittaa tai vahinkoa kiinteistöille, rakennuksille ja muille ranta-alueella sijaitseville rakenteille”. Esiselvitys toimii riskikohteiden jatko-suunnitelmien lähtöaineistona. Jo valmistuneita kohteita ovat: Kaitalahden tulvapenkereen korottaminen (2009), Sarvaston eteläosan tulvasuojaus (2010), Marjaniemen tulvasuojeluhanke (2011), Sarvaston pohjoisosan (2011) ja Aittasaaren tulvasuojaus (2011). Vartionkylänlahden Vuosaaren puoleiselle alueelle on laadittu tulvasuojelusuunnitelma ja toteutussuunnitelma. Nykyisen Savelan alueen tulvasuojauksen parantamiseksi valmistui tulvapumppaamo syksyllä 2014. Oulunkylän siirtolapuutarhan 720 metriä pitkä tulvapenger valmistui syksyllä 2016.

Helsingin ja Espoon rannikkoalueen tulvariskien hallintasuunnitelma vuosiksi 2016–2021 valmistui vuonna 2015⁷⁴. Suunnitelmassa esitetään, millaisilla toimenpiteillä tulvista aiheutuvia vahinkoja voidaan ehkäistä ja vähentää. Valtion ja kuntien viranomaisten sekä aluekehitysviranomaisen on otettava suunnitelma ja toimenpide-ehdotukset toiminnassaan huomioon. Varsinainen toimenpiteiden tarkempi suunnittelu on alkanut vasta suunnitelman hyväksymisen jälkeen. Rakennusviraston kohteita suunnitelmassa on kaksi Tammisalossa. Tulvariskien merkittävyyttä arvioidaan seuraavan kerran vuonna 2018 ja hallintasuunnitelmat päivitetään tarpeellisin osin 2021 mennessä.

⁶⁹ Kahma ym. 2016 <https://www.hel.fi/static/kv/turvalliset-rakentamiskorkeudet.pdf>

⁷⁰ Helsingin kaupunki, 2013 https://www.hel.fi/static/helsinki/julkaisut/Tulvaohje_suo_17062013.pdf

⁷¹ Paikkakohtaiset alimmat suositellavat rakentamiskorkeudet Helsingin edustalla perustuen vedenkorkeuden ja aallokon yhteisvaikutukseen (Kahma ym., 2016): <https://www.hel.fi/static/kv/Geo/Vesi/Pojjut.html>

⁷² Helsinki kaupunkiympäristö, 12.10.2017: Urbaanit legendat osa 1 – Jääkö Jätkäsaari meren alle? <https://www.youtube.com/watch?v=Sqgf5RSJ83A>

⁷³ Vahäkäkelä ym., 2007 https://www.hel.fi/static/hkr/julkaisut/tulvakohteet/tulvakohteet_esiselvitys.pdf

⁷⁴ Jaakonaho ym. 2015 http://www.ymparisto.fi/fi-FI/vesi/Tulvin_varautuminen/Tulvariskien_hallinta/Tulvariskien_hallinnan_suunnittelu/Tulvariskien_hallintasuunnitelmat/Helsingin_ja_Espoon_rannikkoalueen_tulva%2829184%29

Kiinteistöviraston kaupunkimittausosasto on tehnyt koko kaupungin kattavan maastomallin tulvaveden vaikutusten ja riskien arviointiin^{75 76}. Maastomalli on valmistunut vuonna 2009. Aineistoa päivitetään jatkuvasti.⁷⁷

Ilmatieteen laitoksessa tehdyn tutkimuksen mukaan **riskejä kuvaavan tiedon jakaminen ohjaa kaupunkilaisten käyttäytymistä ja kiinteistömarkkinoita ottamaan ilmatoriskit paremmin huomioon**. Tutkimuksessa havaittiin, että kiinteistömarkkinat ovat tehokkaita siirtämään hyvin suunnitellut sopeutumistoimet käytäntöön muuttamalla markkinahintoja, jotka ohjaavat monia tekijöitä kaupunkiprosesseissa. Tarkkojen tulvakarttojen julkaiseminen⁷⁸ ohjasi Helsingin rantakiinteistöjen markkinoita siten, että erisuuruinen tulvariski näkyi omakoti- ja rivitalojen hinnoissa. Tulvariskialueella sijaitsevien talojen hintakehitys oli hitaampaa kuin samalla asuinalueella tulvariskialueiden ulkopuolella sijaitsevien asuntojen hintakehitys.⁷⁹ Merenrannoille rakentamista ei kannata myöskään kieltää, sillä ne ovat erittäin haluttuja ja arvokkaita asuinpaikkoja⁸⁰. Merenranta-tontit saadaan tehokkaaseen käyttöön huolehtimalla tulvasuojauksesta. Siksi olisikin tärkeää julkaista karttoja tulvariskialueista, päivittää tulvariskikartat säännöllisesti ja huolehtia, että niissä on otettu huomioon sekä uusimmat ilmastoskenaariot että toteutetut tulvasuojelutoimenpiteet. Lisäksi meri- ja vesistötulvien vaikutuksia vähentää ennakkovaroitusjärjestelmien käyttö ja toimenpiteiden suunnittelu erittäin poikkeavien tilanteiden varalle.

5.3 Tulviin liittyvät jatkoselvitystarpeet

Riskianalyysihankkeen aikana seuraavat jatkoselvitystarpeet nousivat esiin tulvariskin osalta:

1. Tulvariskikarttojen tulisi sisältää seuraavat tiedot:
 - Tulvasuojauksien kustannus-hyötynäkökulma
 - Karttojen epävarmuudet ja virheet
 - Tehdyt sopeutumistoimet
 - Asukastiheyden ja asukkaiden ikärakenteen ottaminen huomioon tulvariskianalyseissä
 - Valuma-alueajat
2. Hulevesien mallinnus pitäisi toteuttaa Helsingin 3D-mallilla. Mallissa olisi otettava huomioon viemärien tulviminen ja hulevesien luonnonmukainen hallinta.
3. Pitäisi selvittää, onko esim. taloyhtiöiden alakerroksissa/kellareissa tärkeiden tilojen haavoittuvuus otettu huomioon kaavoituksessa tai rakentamisessa.
4. Hulevesitulvien hallinnan tietojärjestelmiä tulisi kehittää. Järjestelmien tulisi sisältää esimerkiksi yksityiskohtaiset paikkatietoaineistot, joiden jatkuvasta päivittämisestä tulee huolehtia, mallitustulokset, uusien toimien ja huoltotoimien kirjaus sekä vahinkotietojen keräyksen.
5. Pitäisi selvittää, mitkä ovat EU:n ja kansallisen lainsäädännön mahdolliset muutokset tulvariskilainsäädännössä ja kuinka niihin voisi varautua etukäteen. Tämä pätee myös muuhun lainsäädäntöön, joka liittyy sää- ja ilmatoriskeihin ja niiden hallintaan.

⁷⁵ Helsinki Region Infoshare: Helsingin pintamalli <http://www.hri.fi/dataset/helsingin-pintamalli>

⁷⁶ Helsingin karttapalvelu (maastomalli) http://kartta.hel.fi/?setlanguage=fi&e=25496825&n=6673044&r=4&w=*&l=Karttasarja%2CMaastomalli tarkka xyz kolmioverkko&o=100%2C100&swtab=kaikki

⁷⁷ Ympäristöraportoinnin asiantuntijaryhmä, 2010 https://www.hel.fi/static/helsinki/paatosasiakirjat/Kvsto2010/Esityslista14/liitteet/Helsingin_kaupungin_ymparistoraportti_2009.pdf?Action=sd&id=%7BF1C3E306-0784-45AC-A2D0-87C16C131C43%7D

⁷⁸ Tulvakeskus: Tulvakarttapalvelu http://paikkatieto.ymparisto.fi/tulvakartat/Html5Viewer_2_7/?locale=fi-FI

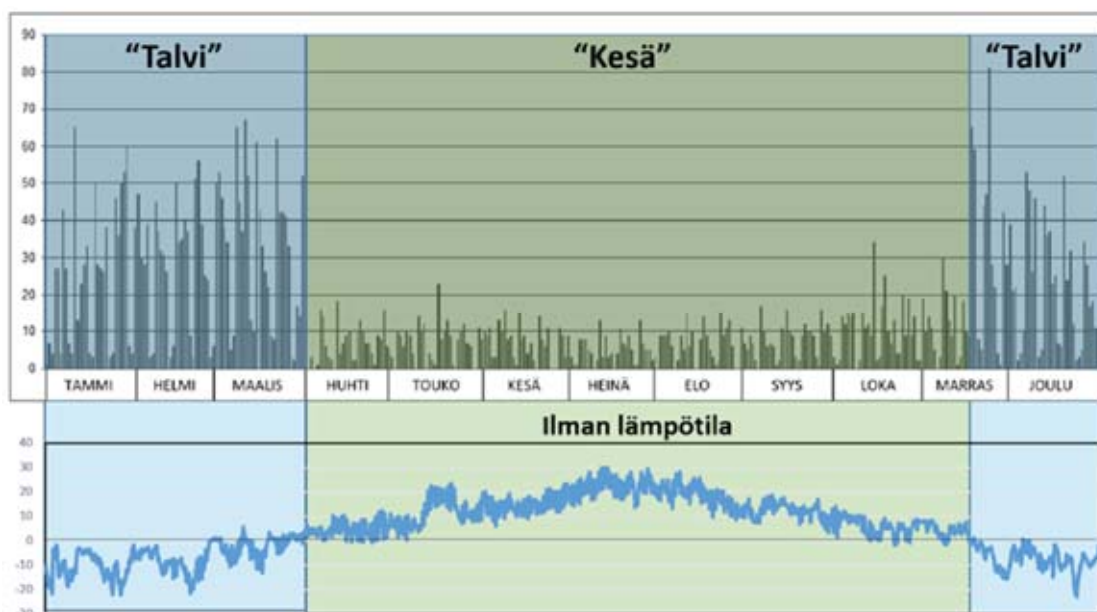
⁷⁹ Votsis, & Perrels, 2016 <http://doi.org/10.1007/s11146-015-9530-3>

⁸⁰ Votsis, 2017b <http://doi.org/10.1016/j.compenvurbsvs.2017.04.005>

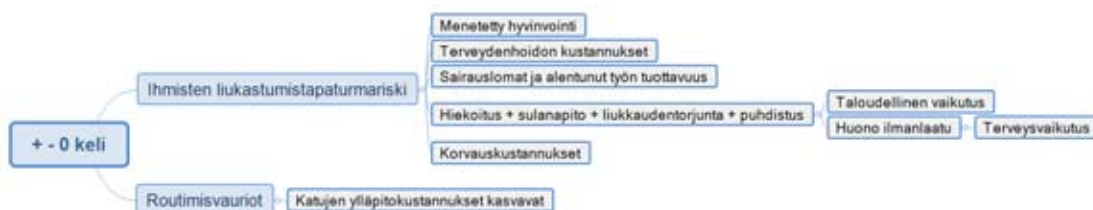
6 Talvien ilmasto muuttuu eniten

6.1 Liukastumistapaturmat lisääntyvät nollakeleissä

Talven liukkaat kelit aiheuttavat merkittävän terveysriskin (kuva 16) sekä taloudellisia vaikutuksia. Helsingin kaupungin asiantuntijatyöpajassa tunnistettiin seuraavanlaisia esimerkkejä liukkaiden kielten vaikutuksista (kuva 17). Kuvaa on myös täydennetty analyysin perusteella:



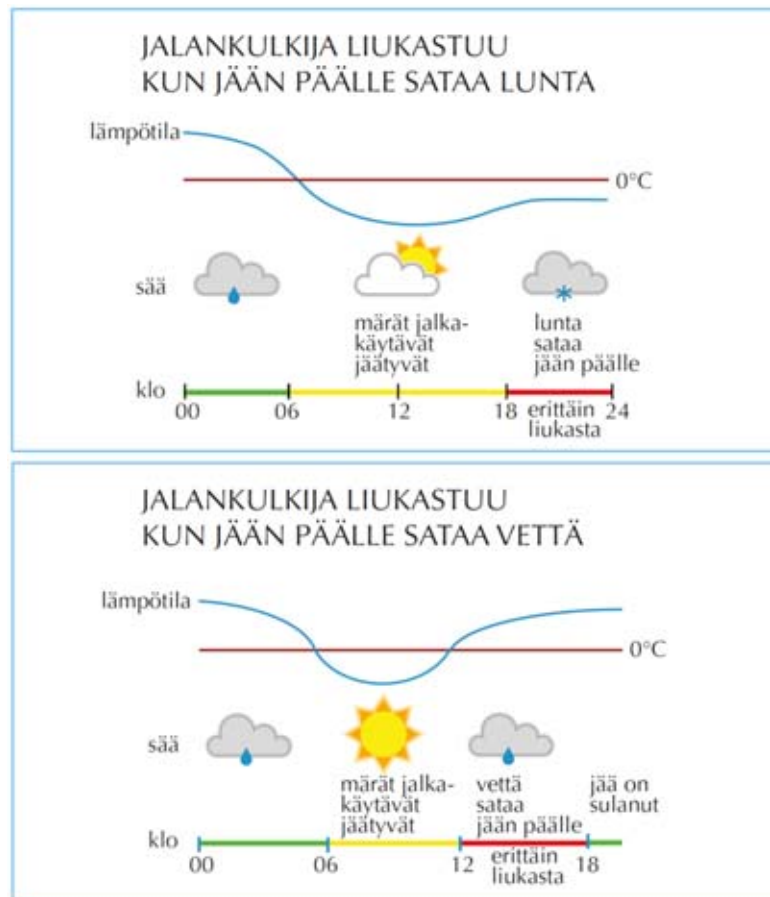
Kuva 16. Liukastumistapaturmien määrä kasvaa huomattavasti, kun lämpötila laskee nol- laan ja sen alapuolelle. Vuoden 2010 työmatkalla tapahtuneet päivittäiset liukastumistapa- turmat Uudellamaalla vuoden 2010 aikana (ylempi kuva, lähde Tapaturmavakuutuskes- kus) ja Helsingin Kumpulassa havaittu ilman lämpötila (alempi kuva)⁸¹.



Kuva 17. Helsingin kaupungin asiantuntijatyöpajassa tunnistettuja esimerkkejä nollakelin aiheuttamista vaikutuksista.

⁸¹ Hippi ym., 2017 <http://hdl.handle.net/10138/224484>

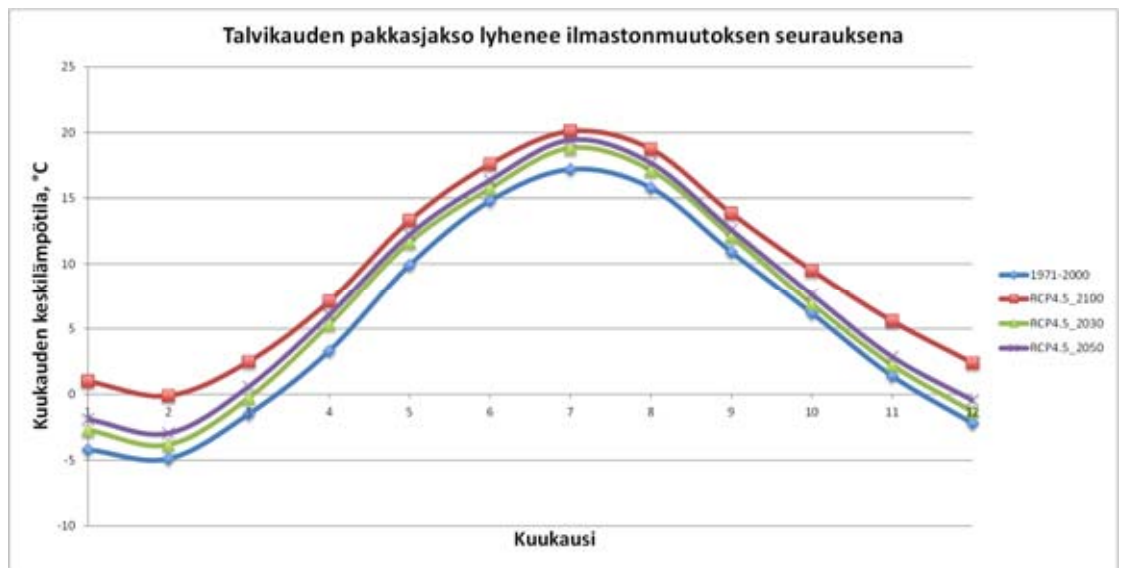
Talvisin on erittäin liukkaita päiviä, jolloin liukastumistapaturmia sattuu moninkertaisesti tavalliseen talvipäivään verrattuna, ja pahimmillaan hoitoon hakeutuvat ruuhkauttavat terveydenhuollon. Jalkakäytävien liukkaus kehittyy nollan molemmin puolin vaihtelevan lämpötilan ja sateiden seurauksena, ja siihen vaikuttaa myös kunnossapitotoimien taso. Liukkaimmat jalankulkukelit ovat tilanteissa, joissa jäisen pinnan päälle sataa kevyttä pakkaslunta tai vettä (kuva 18). Lisäksi runsaan lumisateen päivinä voi kehittyä vilkkaimmilla alueilla tamppautumisliukautta, jos lunta ei poisteta jalkakäytäviltä riittävän nopeasti.



Kuva 18. Jalankulun kannalta liukkaimmat olosuhteet kehittyvät, kun jäisten jalkakäytävien päälle sataa vettä tai lunta. Kuva: Ilmatieteen laitos

6.1.1 Liukkaat olosuhteet voivat yleistyä lähivuosisikymmeninä

Lähivuosisikymmeninä liukkaat olosuhteet voivat vielä yleistyä keskitalvella, kun päivät jolloin lämpötila vaihtelee nollan molemmin puolin, yleistyvät. Kuvassa 19 esitetään havaitut sekä kohtuullisten kasvihuonekaasupäästöjen RCP4.5-ilmastoskenaarioiden mukaiset kuukausittaiset keskilämpötilat pääkaupunkiseudulla vuosille 2030, 2050 ja 2100. Esimerkiksi tammi- ja helmikuu ovat keskimäärin noin kaksi astetta lämpimämpiä vuonna 2050 kuin vuosina 1971–2000, ja maaliskuun keskilämpötila nousee nollan yläpuolelle. Huomattavaa on, että vuosisadan loppuun mennessä kuukausikeskilämpötilat ovat jo keskimäärin 0 asteen yläpuolella.



Kuva 19. Kuukauden keskilämpötilan muuttuminen kohtuullisten kasvihuonekaasupäästöjen RCP4.5-ilmastoskenaariion mukaan vuosille 2030, 2050 ja 2100 jaksoon 1971–2000 verrattuna⁸²

6.1.2 Liukastumistapaturmien taloudellisten vaikutusten arviointi on vaikeaa

Liukastumisesta aiheutuvien tapaturmien kokonaiskustannusten arviointi on vaikeaa, sillä niitä ei tilastoida systemaattisesti. Potilaita ja heidän toipumistaan pitäisi seurata pitkään tapaturman tapahtumisen jälkeen, jotta kokonaishaitta saataisiin selville. Työn tuottavuuden vähenemisen arviointi on vaikeaa, ja menetetyt hyvinvoinnin kustannuksina käytetään erilaisia arvioita. Terveyssektorilla käytettyjen arvioiden perusteella valtakunnan tasolla päädytään 420 miljoonan euron vuosikustannuksiin. Liikennesektorin käyttämien lukujen perusteella päädytään samoilla liukastumistapaturmien määrillä 2,4 miljardin vuosikustannuksiin. Suorat kustannukset tiedetään kuitenkin kohtuullisen hyvin. Ne ovat keskimäärin noin 6000 euroa tyypillisten vammojen, kuten ranne- tai nilkkamurtumissa, ja lonkkamurtumassa noin 30 000 euroa.⁸³

Kuva 20 esittää Helsingin kaupungin rakennusviraston (nyk. kaupunkiympäristön toimiala) maksamat korvaukset liukastumisista, jotka ovat tapahtuneet kaupungin ylläpitovastuualueella. **Etenkin runsaslumiset talvet ovat kasvattaneet vahingonkorvausten määrää viime vuosina.** Kaupungin kokonaisvastuuhoidon laajentuessa ja kantakaupungin kokonaisvastuuhoidon alkaessa tulevaisuudessa kaupunki joutuu varautumaan yhä suurempiin korvaussummiin.⁸⁴

⁸² Mäkelä ym., 2016 <http://hdl.handle.net/10138/170155>

⁸³ Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin ja Suomen Ortopedi yhdistyksen asettama työryhmä, 2017 <http://www.kaypahoito.fi/web/kh/suosituksukset/suositus?id=hoi50040>

⁸⁴ Helsingin kaupungin tapaturmien ehkäisytyöryhmä 2011–2014, 2014 <https://dev.hel.fi/paatokset/media/att/df/dfad0ece1d2776f48fbc5c267ecc90aaf1e8faaf.pdf>



Kuva 20. Helsingin kaupungin rakennusviraston maksamat korvaukset liukastumisista vuosina 2008–2013

6.1.3 Liukastumisvammat ovat vakavimpia vanhemmilla henkilöillä

Liukastumistapaturmia tapahtuu kaikenikäisille, mutta vammat ovat vakavimpia vanhemmilla henkilöillä. Eniten terveydenhuoltoon hakeutuu 50–64 vuotiaita. Ikääntyneillä lonkkamurtumat voivat johtaa terveyden romahtamiseen ja ennenaikaiseen kuolemaan.

Talvikauden liukastumistapaturmista aiheutuu usein pitkiä sairauslomia ja siten myös merkittäviä taloudellisia kustannuksia. Postin tapaturmatilastotietokannasta koottujen tietojen mukaan pääkaupunkiseudulla liukastumistapaturmien seurauksena yleisin postinkantajien sairaspöissaolojen pituus oli 3 päivää–kuukausi⁸⁵.

Liukastumisriskissä merkittävänä tekijänä on katujen kunnossapito. Helsingissä kaupunki on ottanut suuren osan kaupungin katualueesta kokonaisvastuulleen. Kaupunki huolehtii tällöin sekä ajoratojen että jalkakäytävien talvihoidosta. Kiinteistöille jää hoidettavaksi niiden omat piha-alueet. Helsingin kantakaupungissa kaupunki huolehtii mm. ajoradoista ja erotettujen tai yhdistettyjen pyörätie-jalkakäytävien hoidosta. Kiinteistöille kuuluu muun muassa jalkakäytävien auras ja hiekoitus sekä bussi- tai raitiovaununpysäkin talvihoito, jos pysäkki on jalkakäytävällä kiinteistön kohdalla. Kadun keskellä olevista pysäkeistä huolehtii HKL.⁸⁶ Keskuspuistosta huolehtii kaupungin kulttuurin ja vapaa-ajan toimiala (ent. liikuntavirasto). Katujen kunnossapidon resurssit ovat merkittävin tekijä, joilla liukastumisriskiä voidaan kaupungin toimesta vähentää.

Liukastumisriskien vähentämisessä on tärkeää myös asukkaiden oma varautuminen. Tähän voidaan pyrkiä vaikuttamaan tiedottamisella. Helsinki onkin ollut mukana kansalaisille suunnatussa Pysy pystyssä -kampanjassa. Lisääntyvän maahanmuuton seurauksena tiedottamista

⁸⁵ Posti tilastoi tapaturmatietokantaansa kaikki postinjakajille tapahtuneet tapaturmat. Sairauslomien pituus jaetaan viiteen luokkaan seuraavasti: ei poissaoloa, poissa loppupäivän, poissa 1–2 päivää, poissa 3 päivää–kuukausi, yli kuukausi. (Hippi ym., 2017)

⁸⁶ Hippi ym., 2017 <http://hdl.handle.net/10138/224484>

kannattaisi tehdä myös englanniksi ja mahdollisesti myös muilla kielillä. Maahanmuuttajien mahdollisesta korkeammasta liukastumisriskistä ei kuitenkaan ole tehty tutkimusta. Tiedottamisen lisäksi kaupunki voi kuitenkin tehdä myös konkreettisia toimia oman varautumisen tukemiseksi. Joissain kaupungeissa on asukkaille annettu liukuesteitä ja tarjottu kenkien nastoituspalvelua.⁸⁷

Helsingin kaupungin tavoitteena on edistää talvipyöräilyä ja kehittää pyöräväylien talvihoidon menetelmiä. Helsingin tavoitteena on lisätä talvipyöräilyä. Jalankulun ja pyöräilyn olosuhteita parannetaan laajentamalla tehostetussa talvihoidossa olevaa verkostoa vähintään yhdellä uudella reitillä vuoden 2018 aikana.⁸⁸ Talvipyöräilyn liukastumisriskistä ei ole tehty tutkimusta. Sen tutkiminen olisi kuitenkin tärkeää, sillä riski pyöräillessä on erilainen kuin autoilla ja jalankulkijoilla. Riskin parempi ymmärtäminen tarkentaisi esimerkiksi talvipyöräilijöille annettuja varoituksia.

Routimisvaurioiden riski on Helsingissä melko pieni sekä auto- että rautateillä.

6.2 Tieliikenteessä tulee jatkossakin varautua lumipyryyn ja liukkauteen

Tieliikenteen huonoimmat kelit eivät tyypillisesti ole samoina päivinä kuin jalankulkijoiden kannalta liukkaimmat kelit. Kun lämpötila laskee pakkasen puolella, kosteus voi jäätyä tienpintaan ja tienpinta muuttuu liukkaaksi. Pääteillä tienpinnan jäätyminen pystytään useimmiten ehkäisemään oikein ajoitetulla suolauksella hyödyntämällä sääennuste- ja havaintotietoa. Sen sijaan jos lumisade jatkuu pitkään, heikentyy pito tienpinnalla merkittävästi. Etenkin alhaisissa lämpötiloissa liikenne voi kiillottaa lumen jäiseksi kalvoksi tien pintaan, jolloin onnettomuusriski kasvaa. **Tienpinnan ja renkaan välisellä kitkalla on merkittävä vaikutus jarrutusmatkoihin.** Jos ajoneuvon nopeus on 100 km/h ja kitkakerroin putoaa arvosta 0,8 (kuiva tie) arvoon 0,2 (ohuen jääkalvon peittämä tie), jarrutusmatka voi kasvaa jopa nelinkertaiseksi, 50 metristä 200 metriin⁸⁹. Huonolla ajokelillä kitkakerroin on alle 0,3 ja erittäin huonolla ajokelillä alle 0,15. Karkeasti jarrutusmatkoja eri kitkaluokissa voi kuvata siten, että kitkakertoimen alittaessa arvon 0,3 jarrutusmatka on kaksi- ja puolikertainen ja kitkakertoimen alittaessa arvon 0,15 noin viisinkertainen verrattuna kuivalla asfaltilla tarvittavaan jarrutusmatkaan⁹⁰.

Erityisen haastavat olosuhteet ovat kyseessä silloin, kun lunta sataa runsaasti alle -5 asteen lämpötiloissa. Tällöin pakkaslumi pölyyää heikentäen näkyvyyttä merkittävästi. Samanlaisesti tienpinnan kitkakerroin alenee lumisella tai kovaksi tallautuneella/pakkautuneella (polanteisella) pinnalla ja jarrutusmatkat kasvavat. Tämän tyyppisissä olosuhteissa tapahtuivat viime vuosien pahimmat kolarisumat pääkaupunkiseudulla, 17.3.2005 ja 3.2.2012, jolloin kolareissa oli osallisina satoja ajoneuvoja. Vilkas liikenne saattaa myös kiillottaa lumipolanteen jäiseksi kalvoksi. Huonon näkyvyyden vallitessa kitkan rooli korostuu, koska edessä mahdollisesti olevaa estettä ei näe kauempaa ja reaktioaika saattaa jäädä lyhyeksi.

Lumipyry Helsingissä voi aiheuttaa erilaisia haittoja. Helsingin kaupungin asiantuntijatyöpajassa tunnistettiin seuraavanlaisia esimerkkejä vaikutuksista (kuva 21):

⁸⁷ Raahen Seutu, 19.12.2017 <https://www.raahenseutu.fi/article-6.1.1187784.9dff056937>

⁸⁸ Helsingin kaupunki, kaupunginkaslia, 2017 https://www.hel.fi/static/kanslia/Julkaisu/2017/HKI_TA_2018_web.pdf

⁸⁹ Haavasoja & Pilli-Sihvola, 2010 <http://www.sirwec.org/Papers/quebec/11.pdf>

⁹⁰ Haavasoja & Pilli-Sihvola, 2010 <http://www.sirwec.org/Papers/quebec/11.pdf>



Kuva 21. Helsingin kaupungin asiantuntijatyöpajassa tunnistettuja esimerkkejä lumipyryn vaikutuksista.

Ilmastonmuutoksen myötä talvikauden kesto lyhenee, mutta liikenteessä ja kunnossapidossa pitää silti edelleen varautua voimakkaisiin lumipyryihin. Vuosina 1981–2010 Etelä-Suomessa esiintyi keskimäärin 12–20 tapausta vuodessa, jossa lunta tuli päivän aikana yli kuusi senttimetriä. Jaksolla 2021–2050 näiden lumisateiden todennäköisyys pienenee 10–25 prosenttiyksikköä ilmastomallien vertailujaksoon 1971–2000 verrattuna sekä RCP4.5- että RCP8.5 -ilmastoskenaarioiden mukaan⁹¹. Ilmasto on keskimäärin lämmennyt viimeisten vuosikymmenien aikana, ja suuntauksen on ennustettu jatkuvan myös tulevana vuosikymmeninä. Vaikutukset eivät kuitenkaan jakaudu tasaisesti, ja vuosittainen vaihtelu säilyy.

Ääriämpötilat kohoavat selvästi ja ”runsaimmat” lumisateet saattavat jopa voimistua.

Sekä alhaiset lämpötilat että lumisateet muuttuvat harvinaisemmiksi Pohjois-Euroopassa, jossa erittäin kylmiä päiviä saattaa 2050-luvulla esiintyä 30–40 vuorokautta nykyistä vähemmän. Toisaalta runsaat lumisateet (yli 10 cm /vrk) eivät kuitenkaan harvinaistu, niiden määrä voi päinvastoin olla vähän nykyistä suurempi. Silloin kun lunta sataa, sitä voi sataa paljon.

Jäätävä sade on Suomen ilmastossa hyvin harvinainen tapahtuma, jossa vesi on alijäähtynyttä. **Jäätävien sateiden todennäköisyys lisääntyyneen ilmastomuutoksen johdosta jonkun verran⁹² ja vaikutus Helsingissä on pääasiassa liukkauden lisääntyminen.** Jäätävän sateen ennustettavuus ei ole yhtä hyvä kuin normaalin sateen tai lumen, mutta lyhyessä aikaskaalassa ne pystytään ennustamaan ja varautuminen on siten mahdollista.

6.2.1 Talven 2012 lumipyry lamautti liikenteen

Lumipyryt aiheuttavat Helsingissä merkittäviä vaikutuksia. Helmikuussa 2012 pääkaupunkiseudun tieliikenne lamautui runsaan lumisateen ja kovan tuulen aiheuttaman kolarisuman takia (kuva 22).

⁹¹ Kämäräinen & Vajda, 2016 https://www.researchgate.net/publication/308034040_Present_and_future_probability_of_meteorological_and_hydrological_hazards_in_Europe

⁹² Kämäräinen ym., 2017 <http://doi.org/10.5194/nhess-17-243-2017>

Lumipyry lamautti pääkaupunkiseudun liikenteen vuonna 2012



Kuva 22. Helmikuun 2012 lumipyryyn vaikutuksia pääkaupunkiseudulla.

Myös VR:n junaliikenne vaikeutui päivän aikana. VR ilmoitti jo kello 6 aamulla, että junaliikenne on päivän aikana myöhässä. Useita junavuoroja peruttiin ja junaliikenteessä oli paljon häiriöitä. Lisäksi metroja oli myöhässä ovi- ja jarruvaikeuksien vuoksi, raitiovaunureittejä muutettiin ja raitiovaunuja jäi kiinni lumeen, ja busseissa oli ongelmia.⁹³

6.2.2 Lumipyryyn riskit ovat suurimmat tieliikenteelle

Helsingissä erityisesti runsaat liikennemäärät vaikuttavat liikennesuorituksen ja kolareiden määrään huomattavasti. Merkittävä tekijä on myös ihmisten käyttäytyminen lumipyryyn aikana. Omalla autolla töihin tulo lisää liikenteen määrää teillä, ja ajotyylillä, joka ei ota huomioon säätilannetta, lisää kolareiden riskiä huomattavasti. Esimerkiksi nopeusrajoitusten laskeminen vähentää ketjukolareita tai niissä tapahtuvia vahinkoja. Kaupungissa lumen auraaminen vaatii tilavaruuksia lumelle, mikä pitäisi ottaa huomioon myös kaavoituksessa. Esimerkiksi viheralueita voidaan käyttää lumen kasaamiseen talvisin. Pitkäaikaisia vaikutuksia voi tulla, mikäli esimerkiksi pelastustoimella ja terveydenhuollossa ei ole riittävästi resursseja mahdollisissa ketjukolaritilanteissa, ja ihmisten pääsy hoitoon viivästyy. **Raideliikenteen mahdollisesti kasvava osuus joukkoliikenteestä Helsingissä voi lisätä lumipyryihin liittyvää riskiä.**

Nastarenkaiden käyttö autoissa on hyvin suosittua Suomessa. Ne kuitenkin kuluttavat tienpintaa ja lisäävät siten katujen ylläpitokustannuksia ja huonontavat ilmanlaatua. Vaihtoehtona on käyttää kitkarenkaita, jotka eivät lisää autojen liukastumisriskiä verrattuna nastarenkaaseen normaaleissa talviolosuhteissa. **Vaikeimmissa kelitilanteissa rengasvalinnalla on merkitystä:** kitkarenkaiden pito-ominaisuudet ovat heikommät kuin nastarenkaiden. Tilanteen tekee vaikeaksi

⁹³ Helsingin Sanomat, 3.2.2012 <http://www.hs.fi/kotimaa/art-2000002519173.html>

myös se, että kuljettaja ei näe lumen peittämää jäätä, joten tilanteiden ennakointi on vaikeampaa. Nastattomiin talvirenkaisiin siirtyminen ei ole ongelmatonta, sillä arvioiden mukaan se voi lisätä onnettomuusriskiä.⁹⁴

Liikenneteknologia kehittyä kovaa vauhtia, ja vuonna 2050 voikin olla, että autot ovat pääosin itseohjautuvia. Siten muuttuvien talviolosuhteiden vaikutuksia esimerkiksi onnettomuusriskiin on vaikea arvioida. **Itseohjautuvien autojen toimivuus poikkeavissa säätilanteissa on kuitenkin Helsingin kaltaisissa talviolosuhteissa tärkeää.**

Nasta-hankkeessa arvioitiin toimia, joilla sään aiheuttamia vaikutuksia liikenteelle voidaan pyrkiä vähentämään. Keinot liittyvät erityisesti tilanteisiin, joissa autoilijoita on siirtynyt kitkarenkaiden käyttäjiksi. Suositukset voidaan kuitenkin yleistää koskemaan autoliikennettä yleensä:

1. Liukkauden torjunta ja lumen poisto nähtiin ensisijaisena keinona vähentää riskiä liikenteelle. Erityisesti pitäisi huolehtia jalankulku- ja pyöräilyliikenteen aurauksesta, etteivät jalankulkijat ja polkupyöräilijät joudu siirtymään autotielle.
2. Kelivaroitukset, reaaliaikaiset varoitukset ja turva-autot lisäävät kuljettajien varautumista tilanteeseen. Turva-autot voisi ottaa käyttöön kaikkein vaikeimmissa tilanteissa vaikeimilla liikenneverkkoalueilla. Turva-autoissa on näkyvät varoitusvilkut ja ohittaminen kielletty-merkit.
3. Viestintä lisääntyvästä onnettomuusriskistä, erityisesti siirryttäessä nastattomiin renkaisiin, on tärkeä keino. Yhtenä kolaririskin välttämiskeinona on esimerkiksi tiedottaminen julkisen liikenteen palveluista ja niiden käyttötavoista.
4. Etätöiden suosiminen kelivaroituspäivinä pitäisi pitää mielessä.
5. Älyliikenteen tarjoamat keinot tulevaisuudessa ovat esimerkiksi talvinopeusrajoitusten säätely taajamissa ja reaaliaikaisen informaation tarjoaminen olosuhteista, muuttuvista nopeuksista ja ajoreittien poikkeavista tapahtumista.⁹⁵

Helsingin visio maailman toimivimmasta kaupungista vaatii, että myös poikkeavat sääilmiöt otetaan huomioon kaupungin toimivuutta suunniteltaessa. Kaupunkilaisten arjen sujuvuus esimerkiksi lumipyryissä vaikeutuu merkittävästi, ja kaupunki voi vaikuttaa tähän panostamalla auraamiseen sekä teiden ja jalkakäytävien kunnossapitoon. Mielenkiintoinen aihe pohdittavaksi on kuitenkin poikkeavien tilanteiden raja-arvot, jolloin kaupungin ei tarvitse toimia normaaliolojen kaltaisesti. Näihin tilanteisiin tarvitaankin omatoimista tilanteisiin sopeutumista kaupunkilaisilta ja esimerkiksi työpaikoilta.

6.3 Sumu lisääntyy syksyisin ja vaikeuttaa liikennesektoria

Sumun muuttumista ilmastonmuutoksen johdosta ei ole varsinaisesti tutkittu. **On kuitenkin mahdollista, että sumu lisääntyy syksyisin talven alkamisen myöhentyessä.** Tällä voi olla vaikutuksia sekä auto- että laivaliikenteelle ja mahdollisesti luotsitoiminnalle.

⁹⁴ Mikkonen, 2012 https://asiakas.kotisivukone.com/files/nastatutkimus.kotisivukone.com/tiedostot/tutkimusraportit/kolaririskin_vahentaminen_nastattomassa_valmista.pdf

⁹⁵ Mikkonen, 2012 https://asiakas.kotisivukone.com/files/nastatutkimus.kotisivukone.com/tiedostot/tutkimusraportit/kolaririskin_vahentaminen_nastattomassa_valmista.pdf

6.4 Ilmastonmuutos pimentää talvia ja vaikeuttaa kaamosoireita

Ilmastonmuutos vähentää auringonvalon määrää talvikuukausina, mikä voi johtaa vaikeutuviin kaamosoireisiin. Nykyilmastossa noin 1 % Suomen väestöstä kärsii toistuvasti kaamosmasennuksesta ja lisäksi jopa 40 % väestöstä kärsii lievemmistä kaamosoireista – unihäiriöistä ja ruokahalun vaihteluista – ilman varsinaista masennustilaa⁹⁶. Kaamosoireet altistavat myös fyysisille sairauksille, kuten metabolisen oireyhtymän riskille.

Itsemurhien piikki ajoittuu kevääseen, minkä syyksi arvellaan nopeasti kasvavaa auringonvalon määrää. Edeltävän talven valoisuudella on kuitenkin myös merkitystä. Mitä vähemmän talven aikana kertyy auringonvaloa, sitä enemmän tehdään itsemurhia⁹⁷. Tämä näkyy selvimmin marras-maaliskuun välisellä jaksolla. Miesten itsemurhariski kasvaa valon vähäisyyden vuoksi enemmän kuin naisten. Itsemurhien riippuvuutta ilmastotekijöistä Suomessa tutkittiin 32 vuoden aikasarjoista. Itsemurhayritysten sääriippuvuutta on tutkittu pääkaupunkiseudulla⁹⁸, ja niiden todettiin liittyvän vahvasti ilmanpaineeseen ja sen muutoksiin. Toistaiseksi ei ole tutkittu siitä, miten ilmastonmuutos tulee vaikuttamaan itsemurhien määrään. **Nykyilmastossa havaittujen itsemurhien ja ilmastotekijöiden riippuvuuden perusteella voidaan kuitenkin ensimmäisenä arviona päätellä, että ilmastonmuutoksen seurauksena talvikaudella vähenvä auringonsäteilyn määrä lisää itsemurhien riskiä.** Huomattavaa kuitenkin on, että monet muut tekijät, kuten mielenterveytyksen taso, vaikuttavat itsemurhien määrään merkittävämmiin kuin ilmastonmuutos.

6.5 Vesisade talvella lisää ravinnekuormitusta vesistöihin

Talvisten vesisateiden odotetaan lisääntyvän ilmastonmuutoksen vuoksi. Talvisateiden vaikutukset ovat moninaiset (kuva 23). Sateiden tuleminen vetenä lumen sijaan saattaa aiheuttaa hulevesiongelmia, joiden vaikutuksia on käsitelty tarkemmin luvussa 5.1. **Ravinnekuormitus vesistöihin kasvaa lisääntyvien talvisateiden myötä.** Talvella haihdunnan vähäisyys lisää vaikutuksia kesään verrattuna. Lisäksi talvella esiintyvät vesisateet lisäävät liukastumisriskiä, jota on käsitelty luvussa 6.1. Liukastumiset ja muut liikennehaitat lisääntyvät, mikäli vesisateen jälkeen tulee pakkasta.



Kuva 23. Helsingin kaupungin asiantuntijatyöpajassa tunnistettuja esimerkkejä talvella esiintyvän vesisateen vaikutuksista.

⁹⁶ Huttunen, 2016 http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00377

⁹⁷ Ruuhela, ym. 2009 <http://doi.org/10.1007/s00484-008-0200-5>

⁹⁸ Hiltunen, ym. 2012 <http://doi.org/10.1007/s00484-011-0518-2>

7 Kuumuus ja kylmyys lisäävät riskiä kuolla ennenaikaisesti

Kuumuus lisää kuolleisuutta heti ensimmäisen kuumen vuorokauden aikana ja vaikutus jatkuu muutaman päivän ajan. Lämpöolojen terveysvaikutuksia väestötasolla kuvaa parhaiten kuolleisuuden lämpötilariippuvuus. Kuolleisuus on pienimmillään, kun ilmastolliset olosuhteet (lämpötila, kosteus, tuuli, auringonsäteily) ovat tavanomaisia, ja se kasvaa kohti lämpötilan molempia ääripäitä – hyvin alhaisia ja hyvin korkeita lämpötiloja (eli U:n muotoisesti). Yksilötasolla terveysvaikutukset vaihtelevat muun muassa iän ja kroonisten sairauksien mukaan.

Kuolleisuus on Suomessa pienimmillään, kun vuorokauden keskilämpötila on 13–17 °C. Sen sijaan esimerkiksi Etelä-Euroopassa vastaava minimikuolleisuuden lämpötila on 20–25 °C⁹⁹¹⁰⁰. Minimikuolleisuuden lämpötila on kylmemmillä ilmastovyöhykkeillä alempi kuin lämpimillä ilmastovyöhykkeillä. Samalla tämä lämpötila kuvaa hyvin sitä, millaiseen ilmastoon väestö on sopeutunut pitkällä aikavälillä. Kuolleisuuden lämpötilariippuvuuden tarkempi muoto eli se, miten paljon kuolleisuusriski kasvaa ääriämpötiloja kohti, riippuu puolestaan lukuisista sosio-ekonomisista ja muista haavoittuvuustekijöistä.

Kuolleisuus on korkeampaa talvella kuin kesällä. Kuolleisuudessa on selkeä vuodenaikaisvaihtelu. Talven suurempi kuolleisuus ei kuitenkaan liity yksinomaan lämpötilaan, vaan talvikauden suurempaa kuolleisuutta selittävät myös mm. influenssakaudet ja mahdollisesti ihmisten käyttäytyminen. Helteelle ja kylmyydelle altistuminen liittyy myös ihmisten työhön ja aktiivisuuteen. Ulkotöissä altistutaan suoraan ulkoilman lämpöoloille, kun taas sisätiloissa altistuminen riippuu myös rakennuksen ominaisuuksista. Talvikaudella ihmiset ovat myös enemmän lämmitetyissä sisätiloissa, mikä vähentää altistumista kylmärasitukselle. Tässä luvussa käsitellään pääasiassa kuumuuden aiheuttamia vaikutuksia ja riskejä (kuva 24).



Kuva 24. Helsingin kaupungin asiantuntijatyöpajassa tunnistettuja esimerkkejä kuumuuden aiheuttamista vaikutuksista.

⁹⁹ Näyhä, 2005 <http://doi.org/10.3402/ijch.v6i4i5.18026>

¹⁰⁰ Näyhä, 2007 <http://doi.org/10.3402/ijch.v6i6i5.18313>

7.1 Ilmastomuutos nostaa kesän korkeimpia lämpötiloja

Helteistä puhutaan Suomessa, kun päivän ylin lämpötila ylittää +25 astetta. Ilmatieteen laitos varoittaa helteistä seuraavien raja-arvojen mukaisesti:

- *Tukala helle*: päivän maksimilämpötila +27 astetta ja minimilämpötila +14 astetta
- *Erittäin tukala helle*: päivän maksimilämpötila +30 astetta ja minimilämpötila +18 astetta
- *Äärimmäisen tukala helle*: päivän maksimilämpötila +35 astetta ja minimilämpötila +20 astetta

Tällä vuosituhannella merkittäviä helleaaltoja on esiintynyt muun muassa vuosina 2003, 2010 ja 2014.

Ilmastomuutoksen seurauksena vuorokauden korkeimmat lämpötilat kohoavat kesällä likimain samaa tahtia kuin keskilämpötilatkin: jos vuoteen 2050 mennessä keskilämpötila on kohonnut esimerkiksi 2,3 °C jaksoon 1971–2000 verrattuna, ylimmät mitatut kesälämpötilat ovat myös noin 2,3 °C korkeampia kuin kyseisenä ajanjaksona¹⁰¹.

Kuumuuden aiheuttamaan terveyriskiin vaikuttavat lämpötila päivällä ja yöllä, helleaallon kesto, kosteus, tuuli ja auringonsäteilyn määrä.

7.2 Lämpösaarekeilmiö lisää kuumuudesta aiheutuvaa terveysriskiä

Lämpösaarekeilmiöstä johtuen kaupunkialueilla on lämpimämpää kuin ympäröivällä maaseudulla. Siten **lämpösaarekeilmiö lisää altistumista helteille ja vähentää altistumista kylmyydelle. Lämpösaarekeilmiö (urban heat island, UHI) syntyy rakennusten, liikenteen ja teollisuuden tuottamasta hukkalämmöstä sekä kaupungin rakenteisiin varastoituneen auringonsäteilyn vapautumisesta lämpönä.** Kaupungin rakennusmateriaalien lämpöominaisuudet määräävät, miten paljon energiaa varastoituu ja vastaavasti miten paljon rakennukset luovuttavat energiaa ilmakehään.¹⁰² Viemäröinnin takia pienempi osa sadevedestä haihtuu vesihöyrynä ilmaan. Vesihöyry sitoo itseensä lämpöenergiaa, joten myös vähäisempi haihdunta kohottaa lämpötiloja kaupungissa.¹⁰³

Kaupungin lämpösaarekkeen voimakkuuteen vaikuttavat kaupungin koko ja rakenne, asukastiheys sekä käytetyt rakennusmateriaalit. Saareke on yleensä sitä voimakkaampi, mitä suuremmasta kaupungista on kyse ja mitä korkeampia rakennukset ovat suhteessa katujen leveyteen. Rakennusmateriaalit vaikuttavat sekä auringonsäteilyn varastoitumiseen että kaupungin energiatehokkuuteen eli hukkalämmön määrään¹⁰⁴. Lämpösaarekkeen voimakkuuteen vaikuttavat lisäksi esimerkiksi alueen pinnanmuodot ja sijainti suhteessa vesistöihin^{105 106 107}. **Ilmastomuutos**

¹⁰¹ Mäkelä ym. 2016 <http://hdl.handle.net/10138/170155>

¹⁰² Ilmastokestävän kaupungin suunnitteluopas: Mikä on lämpösaareke? <http://ilmastotyokalut.fi/kaupungin-lampotilaerot/mika-on-lamposaareke/>

¹⁰³ Oke, 1987

¹⁰⁴ Oke, 1987

¹⁰⁵ Drebs, 2011 <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201201121058>

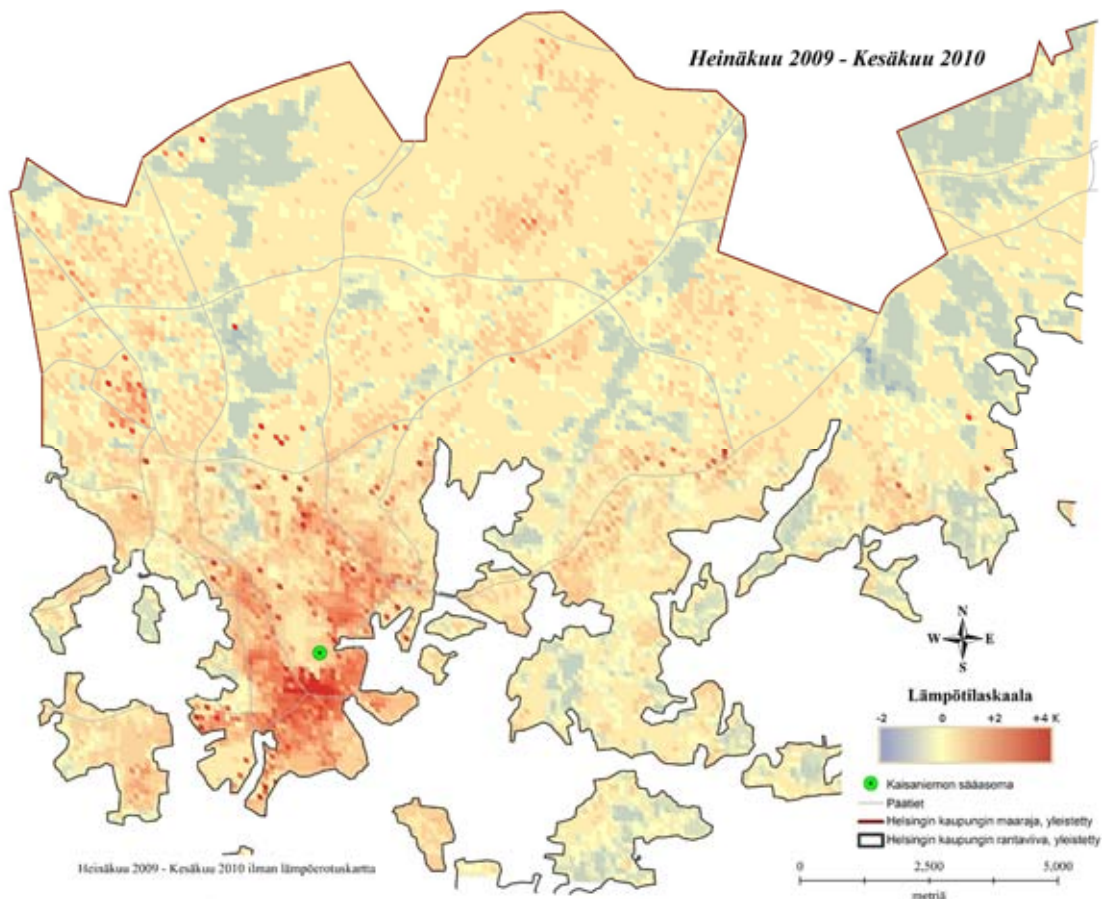
¹⁰⁶ Suomi & Käyhkö, 2012 <http://dx.doi.org/10.1002/joc.2277>

¹⁰⁷ Turun yliopisto, 18.11.2014 <http://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/sopeutuminen/-/artikkeli/ce71e82c-24a4-4566-985a-8955d12b717c/lamposaarekeilmion-ymartaminen-tukee-kaupunkisuunnittelua.html>

toksen mahdollinen vaikutus lämpösaarekeilmiöön on hyvin monimutkainen, sillä ensisijaisesti ilmiö riippuu kaupunkirakenteesta ja siihen liittyvistä tekijöistä. Aiheesta tarvitaankin lisätutkimusta.

Puut ja viherrakentaminen pienentävät lämpösaarekeilmiön voimakkuutta. Helsingissä myös meren vaikutus on suuri. Varsinkin alkukesästä helteen todennäköisyys on rannikon tuntumassa pienempi kuin sisämaassa. Toisaalta alkutalvesta ennen meren jäätymistä, rannikolla on tyypillisesti lämpimämpää ja kosteampaa kuin sisämaassa. Säätilanne, erityisesti ilmavirtauksen suunta ja voimakkuus, vaikuttaa siihen, miten pitkälle sisämaahan meren vaikutus ulottuu.

Kuvan 25 kartta esittää lämpösaareketta Helsingissä heinäkuusta 2009 kesäkuuhun 2010 välisenä aikana. Kartta perustuu yhden vuoden aikana tehtyihin lämpötilamittauksiin, joiden perusteella on laskettu alueellinen arvio Helsingin kaupungin lämpösaarekkeesta. Tämän mittausjakson aikana suurimmat erot Kaisaniemen havaintoasemaan verrattuna olivat +4 asteen verran. Mittausjakson aikana kesäkuukausiin ei osunut varsinaista helleaaltoa, joten toistaiseksi ei ole varmaa käsitystä siitä, miten edustavasti kartta kuvaisi lämpötilaeroja helleaallon aikana.

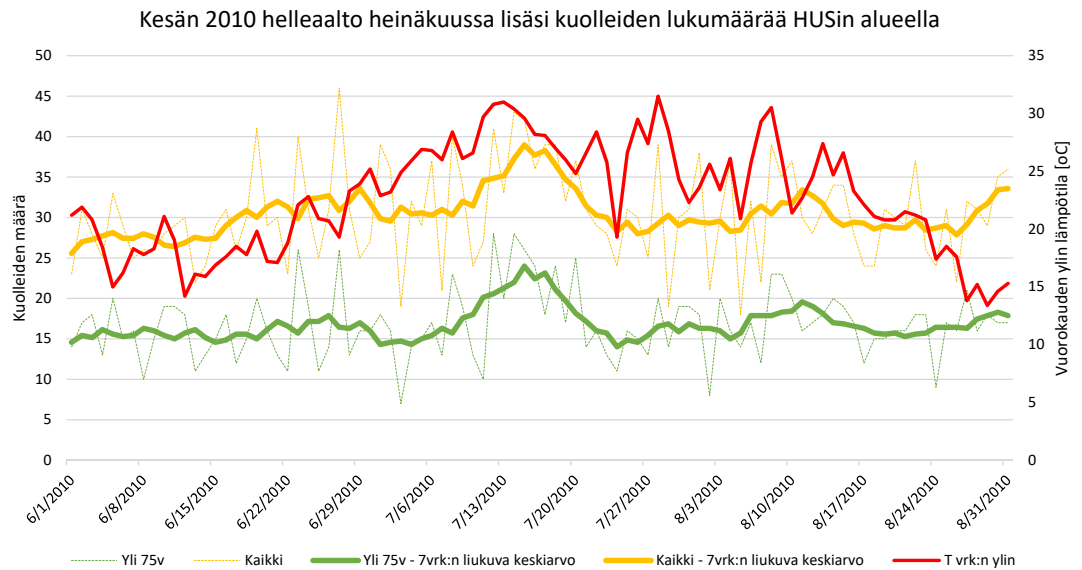


Kuva 25. Helsingin kaupungin lämpösaareke keskimäärin ajalla 7/2009 – 6/2010. Punaisin värisävy esittää vähintään 4 astetta ympäristöä lämpimämpää aluetta.¹⁰⁸

¹⁰⁸ Drebs, 2011 <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201201121058>

7.3 Kesän 2010 helleaalto lisäsi kuolleisuutta

Heinäkuun 2010 helleaalto aiheutti arviolta 60 ylimääräistä kuolemaa HUS:n alueella, joista 30–40 tapahtui Helsingissä. Kuvassa 26 esitetään kuolleiden lukumäärän vaihtelua päivittäin ja 7 vrk:n liukuvana keskiarvona HUS:n alueella. Kuolleiden määrässä on suurta vaihtelua päivästä toiseen, joten liukuva keskiarvo selventää kuolleiden määrän tason nousua helleaallon aikana.



Kuva 26. Kuolleiden lukumäärä (keltainen = kaikki kuolleet; vihreä = yli 75-vuotiaat) HUS:n alueella kesällä 2010. Päivittäiset määrät ohuin katkoviivoin ja 7 vrk:n liukuva keskiarvo yhtenäisin viivoin. Vuorokauden ylin lämpötila HUS:n alueellisena keskiarvona (punainen viiva). Aineisto: Tilastokeskus ja Ilmatieteen laitos. Kuva: Reija Ruuhela.

Kuumuus on myös jo nyt haaste Helsingin kaupungin palveluksessa oleville työntekijöille. Esimerkiksi päiväkotien pihoille tulisi rakentaa henkilökunnan ja lasten käyttöön sopivia varjopaikkoja. Lisäksi pitäisi varmistaa, että joukkoliikenteen kuljettajille on mahdollisuus taukoihin ja riittävään nesteeseen saatiin.

7.4 Kuumuuden aiheuttama terveysriski on suurin ilmastoimattomissa tiloissa olevilla ikääntyneillä

Kuumalle herkimpä ovat ikääntyneet sekä kroonisesti sairaat. Vuoden 2003 helleaalto aiheutti Suomessa yli 200 ja vuoden 2010 helleaalto noin 300 ylimääräistä kuolemantapausta¹⁰⁹. Kuolleisuus kasvoi erityisesti yli 75-vuotiaiden keskuudessa, keskimäärin 21 %. Kuolinsyitä tarkasteltuna kuolleisuus kasvoi seuraavissa sairausluokissa: verenkiertoelinten sairaudet, hengityselinsairaudet, mielenterveyden häiriöt sekä hermoston sairaudet. Kasvavan kuolleisuusrisikin lisäksi ääriämpötilat voivat vaikeuttaa kroonisesti sairaiden oireita ja lisätä sairaanhoidon tarvetta. FINRISK 2007 -kyselytutkimuksen perusteella 12 % ihmistä kärsii kuumuuteen liittyvistä

¹⁰⁹ Kollanus & Lanki, 2014 <http://www.duodecimlehti.fi/lehti/2014/10/duo11638>

sydän- ja hengitystieoireista myös melko tavanomaisilla kesäisillä lämpötiloilla, mutta herkimmillä ryhmillä osuus voi olla jopa 60 %¹¹⁰.

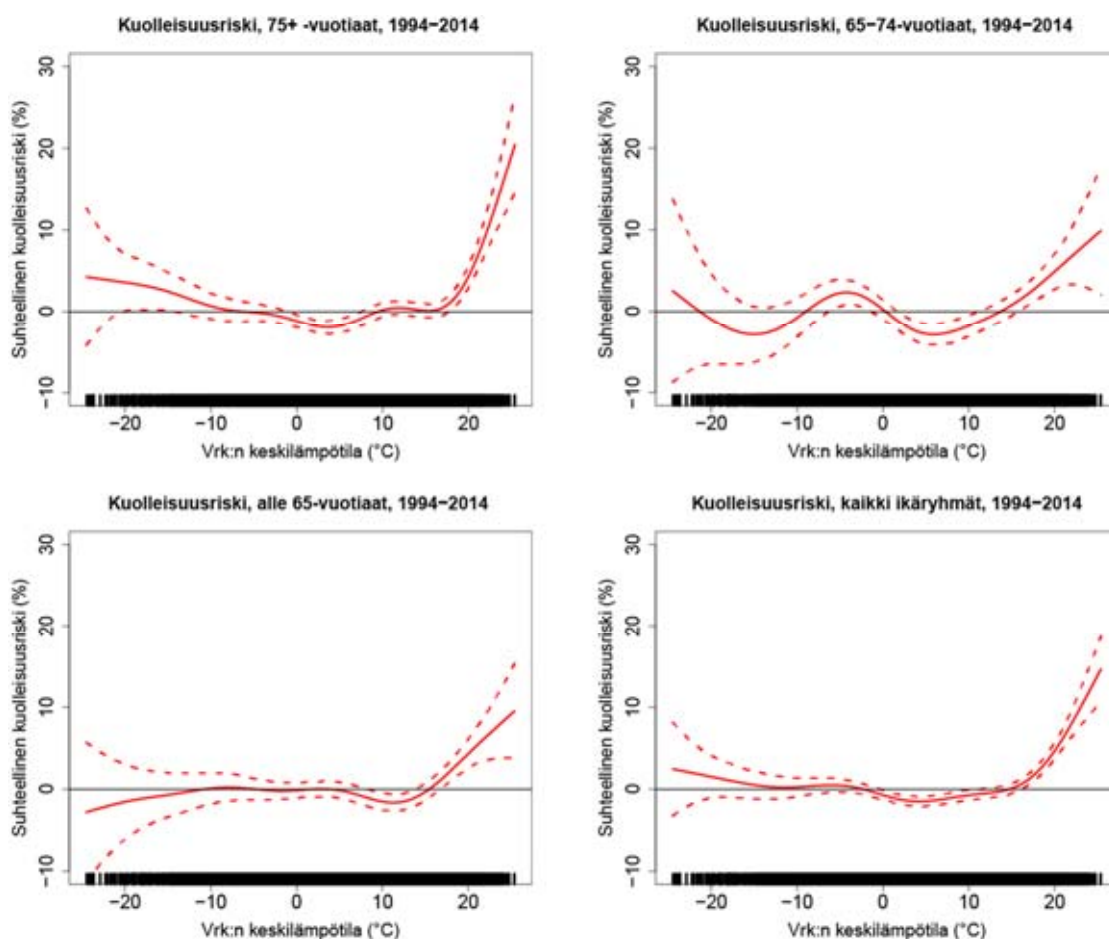
Kuolleisuus lisääntyi terveydenhuollon hoitolaitoksissa enemmän kuin muualla, mikä osoittaa, että helleaaltoihin varautumista terveydenhuollossa olisi kehitettävä.

Kuumien lämpötilojen ja kuolleisuuden välinen yhteys on todennettavissa ainoastaan tilastollisella analyysillä, sillä yksittäisiä kuolemantapauksia on suoranaista lämpöhalvausta lukuun ottamatta vaikea liittää kuumuuteen. Kuumuuden lisäämä kuolleisuus on kuitenkin selvästi nähtävissä tilastollisessa analyysissä. Kun vuodenaikaisvaihtelu otetaan huomioon kuolleisuuden perustason määrittämisessä, ts. päivittäistä kuolleisuutta verrataan ajankohdan odotusarvoon, saadaan esille lämpötilan ääripäiden vaikutukset kuolleisuuteen. Näin määritettynä, **kuumarasitus lisää kuolleisuutta Suomessa enemmän kuin kylmärasitus.**

Ääriämpötilojen vaikutukset kuolleisuuteen voivat ilmetä viiveellä. Kylmyys ei vaikuta yhtä nopeasti ja voimakkaasti kuin kuumuus, mutta kylmyys voi lisätä kuolleisuutta hieman jopa viikkojen ajan. **Kokonaisvaikutusta ajatellen kylmyyteen liittyvä kuolleisuus onkin merkittävämpää kuin kuumuuden.**

Kuumarasituksen aiheuttama riski on suurin yli 75-vuotiaiden ikäryhmässä, mutta myös työikäisten joukossa kuolleisuusriski kasvaa kuumarasituksen seurauksena (kuva 27).

¹¹⁰ Näyhä ym. 2017 <http://doi.org/10.1007/s00484-016-1243-7>



Kuva 27. Suhteellinen kuolleisuus vuorokauden keskilämpötilan funktiona HUS:n alueella, kaikki ikäryhmät ja erikseen ikäryhmissä alle 65-vuotiaat, 65–74-vuotiaat ja yli 75-vuotiaat. Menetelmässä toteutunutta kuolleisuutta verrataan kuolleisuuden odotusarvoon ko. ajan-kohtana, jolloin myös negatiiviset arvot ovat mahdollisia, ts. kuolleisuus voi olla pienempi kuin odotusarvo. Odotusarvo sisältää kuolleisuuden vuodenaikaisvaihtelun.¹¹¹

Kuumuuden kannalta ilmastoimattomat sisätilat ovat iso riski. Erityisesti pienten asuntojen, joissa on suuret ikkunat etelään tai länteen, sisälämpötila voi nousta todella korkeaksi helleaallon aikana. Tämä tekeekin kuumuudesta merkittävämmän riskin kuin äärimmäisestä kylmyydestä, jolta Helsingissä erityisesti haavoittuvat ryhmät voivat suojautua useimmissa tapauksissa menemällä lämmitettyyn sisätilaan. Kerrostalojen jäähdytysjärjestelmät eivät ole Helsingissä vielä kovin yleisiä. Kaukojäähdytystä kuitenkin rakennetaan tällä hetkellä moniin kiinteistöihin.

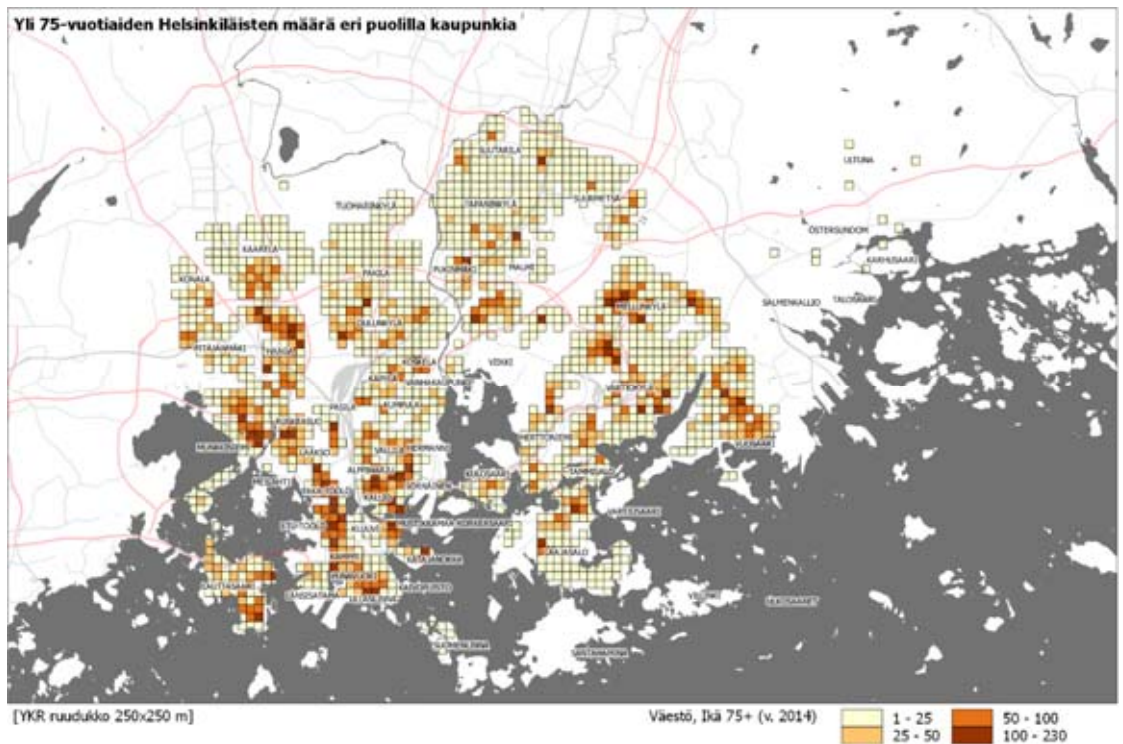
Jäähdytys- ja viilennyskeinoja suunniteltaessa pitäisi huolehtia, että hiilidioksidipäästöt eivät kasva huomattavasti. Aurinkosuojauksilla voidaan vähentää ilmastoinnin ja jäähdytyksen tarvetta. **Uudisrakentamisessa tulisi ottaa huomioon rakenteiden aurinkosuojaukset**, kuten lipat, ikkunoiden g-arvo (auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin) ja ikkunoiden sijoittelu¹¹². Myös vanhoja rakennuksia voidaan suojata liialliselta lämmöltä esimerkiksi kaihtimilla ja markiiseilla

¹¹¹ Ruuhela ym. 2017 <http://doi.org/10.3390/ijerph14080944>

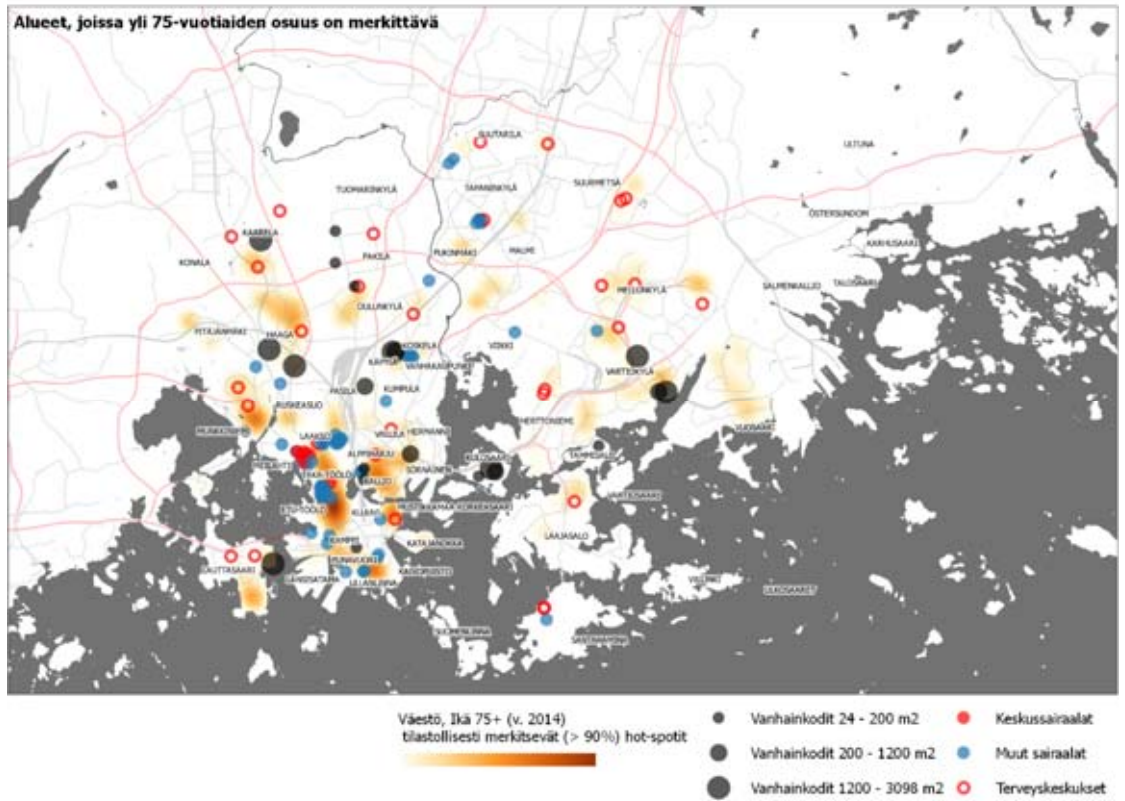
¹¹² Energiategohokas koti, 9.1.2018 http://www.energiategohokaskoti.fi/suunnittelu/rakennuksen_suunnittelu/ikkunat_ja_niiden_suuntaus

Kuumuuden aiheuttamaan terveysriskiin pitäisi kiinnittää erityistä huomiota vanhusten kotioidossa, johon vanhustenhuollossa ollaan siirtymässä entistä enemmän. Samalla pitäisi mahdollisesti pohtia tarkemmin, millä keinoin vanhusten koteja voitaisiin tehdä turvallisemmiksi kuumuuden aikana. Helsingissä on alueita, joissa yli 75-vuotiaita asuu kotona tilastollisesti merkittävästi enemmän kuin muualla kaupungissa. Väestön ikääntyminen lisää tämän riskin merkittävyyttä.

Helsingissä asuvat yli 75-vuotiaat ja kriittiset terveydenhuoltolaitokset ovat esitetty kuvissa 28 ja 29:



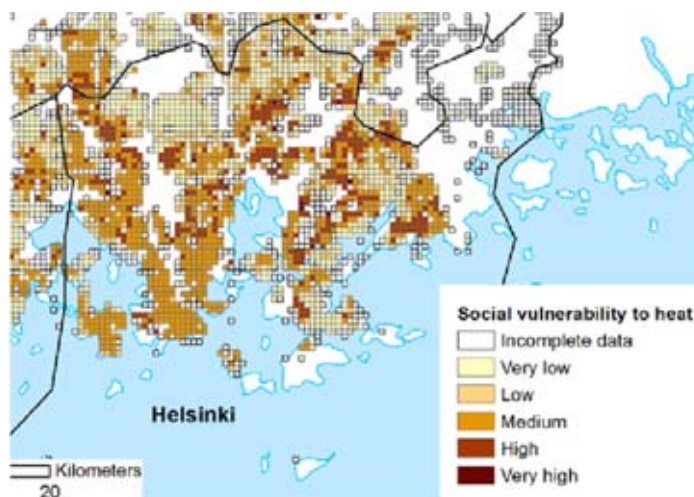
Kuva 28. Helsingin yli 75-vuotiaiden asukkaiden alueellinen sijoittuminen. Mitä enemmän yli 75-vuotiaita, sitä tummempi värisävy. Aineisto: HSY. Kartta: Athanasios Votsis.



Kuva 29. Helsingin alueet, joissa on eniten yli 75-vuotiaita (punertava väri) sekä heidän kannaltaan kriittiset infrastruktuurit. Harmaat ympyrät kuvaavat erikokoisia vanhainkoiteja, punaiset keskussairaloita, siniset muita sairaaloita ja puna-valkoiset terveyskeskukset. Aineisto: HSY. Kartta: Athanasios Votsis.

HSY:n selvityksessä ”Ilmastolähtöinen sosiaalinen haavoittuvuus pääkaupunkiseudulla” on esitetty yhdistelmäindikaattori, joka kuvaa alueiden haavoittuvuutta helteille. Indikaattorissa on käytetty seuraavia tekijöitä: Ihmisen ikä, peruskoulun käyneiden määrä, työttömyystaso, tulotaso ja asumismuoto. Ympäristötekijöistä on käytetty kasvillisuuden ja vesialueiden osuutta pinta-alasta (kuva 30¹¹³).

¹¹³ Kazmierczak & Kankaanpää, 2016 <https://www.hsy.fi/sites/Esitteet/EsitteetKatalogi/Raportit/HSY-Ilmastolähtöinen-sosiaalinen-haavoittuvuus.pdf>



Kuva 30. Sosiaalinen haavoittuvuus helteille pääkaupunkiseudulla¹¹⁴. Tummat värisävyt kuvaavat voimakasta haavoittuvuutta, vaaleat heikkoa. Valkoinen väri tarkoittaa, että arvioita varten ei ole ollut saatavissa riittävästi dataa.

7.5 Helleaaltojen aiheuttama riski kasvaa ja kylmyyden aiheuttama pienenee

Ilmastonmuutoksen arvioidaan lisäävän kuumien päivien määrää Helsingissä. Ihmisten ikääntyessä ja vanhustyön siirtyessä entistä enemmän kotihoitoon onkin odotettavissa, että myös helleaaltojen aiheuttama terveysriski kasvaa. Tähän voidaan reagoida varautumalla tilanteeseen terveydenhuollossa ja vanhustenhoidossa.

Kylmyyden aiheuttama terveysriski todennäköisesti pienenee ilmastonmuutoksen myötä, mutta se ei poistu kokonaan. Riskiryhmien pitää siis edelleen varautua koviin pakkasiin.

Kylmyyteen liittyvä, ehkä mahdollisesti nouseva riski on kodittomien kärsiminen kylmyydestä. Helsinki on tehnyt paljon töitä kodittomuuden kitkemiseksi. Talvipakkasilla pitää varmistua, että kodittomille on riittävästi suojia. Helsingissä ei ole viime vuosina raportoitu kodittomien kuolemia talvipakkasilla, mutta esimerkiksi paperittomien henkilöiden määrän kasvu voi aiheuttaa kodittomien määrän kääntymisen kasvuun.

Riskianalyysin aikana toteutetussa työpajassa pohdittiin, millaisia vaikutuksia kuumuuden aikana hyväksytään. Esimerkiksi sosiaalihuoltolaissa on kirjaus välttämättömän huolenpidon ja toimeentulon turvaamisesta¹¹⁵ (12§) ja terveydenhuoltolaissa todetaan kunnan velvollisuudesta järjestää sairaanhoitopalvelut, johon sisältyy muun muassa sairauksien ehkäiseminen, parantaminen ja kärsimysten lievittäminen (24§)¹¹⁶. **Sosiaali- ja terveysviranomaiset Helsingissä ovat jo varautuneet poikkeaviin tilanteisiin omassa toiminnassaan, ja lähtökohtana on perustehtävien häiriötön hoitaminen kaikissa olosuhteissa.**

¹¹⁴ Kazmierczak & Kankaanpää, 2016 <https://www.hsv.fi/sites/Esitteet/EsitteetKatalogi/Raportit/HSY-Ilmastolahtoinen-sosiaalinen-haavoittuvuus.pdf>

¹¹⁵ Sosiaalihuoltolaki 1301/2014 <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20141301>

¹¹⁶ Terveydenhuoltolaki 1326/2010 <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2010/20101326>

7.6 Sopeutumistoimissa tulisi keskittyä vähentämään helleaaltojen vaikutuksia

Riskiarvioprosessin aikana identifioitiin seuraavia sopeutumistoimia kuumuuden aiheuttamien vaikutusten vähentämiseksi:

- Kaupunkisuunnittelussa tulisi käyttää viherrakentamista ja vesialueita hillitsemään lämpösaarekettä ja vähentämään helleaaltojen vaikutusta.
- Työntekijöiden työhyvinvointi tulee ottaa huomioon helteillä pitämällä huolta tauoista ja nesteytyksestä.
- Vanhainkodeissa pitäisi olla toimintasuunnitelma helleaaltojen varalle.
- Helle- ja pakkasvaroituksia tulisi hyödyntää terveydenhuollon varautumisessa lisääntyviin potilasmääriin (terveyskeskukset ja sairaalat).

7.7 Helleaaltoihin liittyviä jatkoselvitystarpeita

Kuumuuden ja helteiden aiheuttamaa riskiä on tutkittu Helsingissä vielä vähän, ja riskianalyysin laatimisen aikana heräsi monia jatkoselvitystarpeita:

- Rakennusten toimivuus helleaaltojen aikana tulisi selvittää. Uusia asuintaloja rakennettaessa kuumuus tulisi ottaa huomioon suunnittelu- ja rakennusvaiheessa ja selvittää energiatehokkaita keinoja vähentää sisätilojen ylikuumenemista.
- Vanhojen asuinrakennusten jäähdytysjärjestelmät ja niiden energiatehokkuus tulisi arvioida, samoin kustannusvaikutukset niiden uudistamisesta.
- Kuumuuden vaikutus työtehoon olisi hyvä selvittää.
- Helleaaltoihin varautumisen taso vanhustenhoidossa olisi tärkeä selvittää, erityisesti vanhusten kotihoidossa.
- Kuumudelle altistumisen taso tulisi selvittää sekä se, mitä lisätekijöitä voisi ottaa huomioon sosiaalisen haavoittuvuuden arvioinnissa.
- Ihmisten kokemaan kuuma- ja kylmärasitukseen vaikuttavat lämpötilan lisäksi ilman kosteus, tuuli ja auringonsäteily. Erilaisissa termisissä indekseissä on yhdistetty näitä tekijöitä. Näiden indeksien käyttöä ja soveltuvuutta kuvaamaan Helsingin lämpöolosuhteita tulisi selvittää.

Lämpösaarekeilmiöön ja ilmastonmuutokseen liittyvät seuraavat lisätutkimustarpeet:

- Miten lämpösaareke muuttuu Helsingin rakentamisen seurauksena ja millä toimin siitä aiheutuvaa riskiä voitaisiin pienentää?
- Mitkä ovat katupuiden, viherkattojen ja muun kaupunkivihreän mahdollisuudet lämpösaarekkeiden viilentämiseksi ja ilmastonmuutoksen vaikutusten vähentämiseksi?

- Miten tarkasti olemassa oleva lämpösaarekeilmiökartta kuvaa lämpötilaeroja Helsingin kaupungin alueella helleaallon aikana? Helsingin lämpösaarekeilmiötä tutkittaessa¹¹⁷ mittausjakson aikana kesäkuukausiin ei osunut varsinaista helleaaltoa.
- Mikä on rakennusten lämpöhukka talvisin ja miten se vaikuttaa lämpösaarekeilmiöön?
- Miten muuttuva lämpösaareke ja lämpenevä ilmasto vaikuttavat terveysriskeihin?

Yleisesti kesään ja sen vaikutuksiin liittyen on varsin vähän tietoa. Siten lisäselvityksen kohde on mahdollinen lisääntynyt alkoholin käytön ja esimerkiksi häiriötehtävien lisääntyminen julkisilla paikoilla.

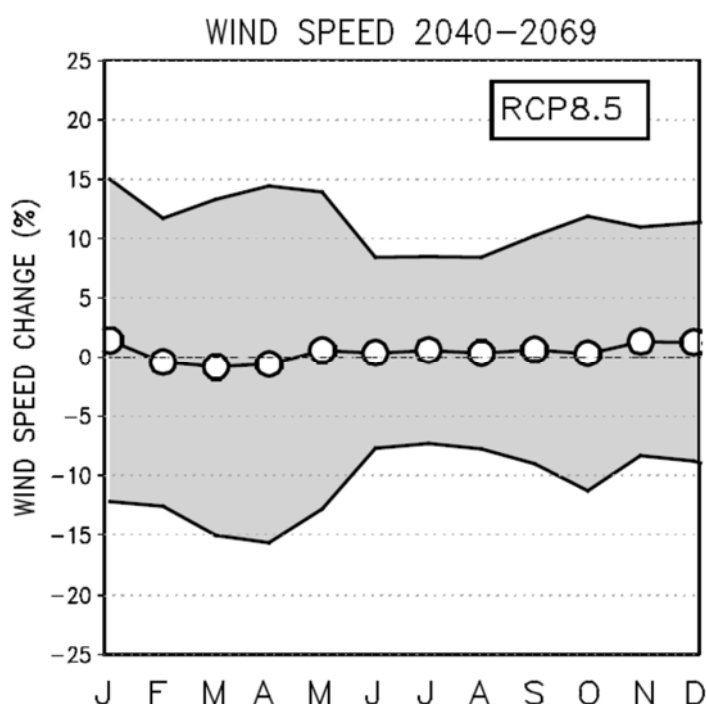
¹¹⁷ Drebs, 2011 <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201201121058>

8 Voimakkaan tuulen ja rajuilman aiheuttama riski on pienehkö

8.1 Tuulet ja ukkoset muuttunevat vähän

Tuulennopeuden pitkät havaintoajasarjat osoittavat, että sekä keskimääräiset että voimakkaammat tuulet ovat Suomessa viime vuosikymmenien aikana hieman heikentyneet. Tämä pätee myös Helsingissä ja Helsingin rannikkoseuduilla erityisesti keskimääräisten tuulten nopeuksien suhteen, mutta **voimakkaimpien tuulten osalta muutoksen suunta on epävarma**.¹¹⁸ . Myrskytuulten ja erityisesti puuskatuulien osalta vastaavaa analyysiä ei ole tehty.

Ilmastoskenaarioiden perusteella keskimääräiset tuulennopeudet muuttuvat Helsingissä hyvin vähän. Kuva 31 esittää suuria kasvihuonekaasupäästöjä kuvaavan RCP8.5-skenaarion mukaiset muutokset. Kuvasta nähdään, että vuosisadan puoliväliin asti prosentuaalinen muutos keskimääräisissä tuulennopeuksissa on vain muutaman prosentin luokkaa. Huomioitavaa kuitenkin on, että eri mallitulokset (harmaa alue) poikkeavat toisistaan huomattavasti. Osa ilmastomalleista arvioi lähes 10 % kasvavia tuulennopeuksia, kun taas osa arvioi samansuuruisia alenemista.



Kuva 31. Suuria kasvihuonekaasupäästöjä kuvaavan RCP8.5-skenaarion mukaiset prosentuaaliset muutokset kuukausittaisiin keskituulennopeuksiin. Ympyrät kuvaavat mallitulosten keskiarvoa ja harmaa alue 90 %:n epävarmuushaarakka.¹¹⁹

¹¹⁸ Laapas & Venäläinen, 2017 <http://doi.org/10.1002/joc.5124>

¹¹⁹ Ruosteenoja ym., 2016 http://www.geophysica.fi/pdf/geophysica_2016_51_1-2_017_ruosteenoja.pdf

Kovien tuulien muutoksia ei uusimpien ilmastomallien perusteella ole vielä arvioitu, mutta Ilmatieteen laitoksen asiantuntija-arvion mukaan ne muuttunevat samassa suhteessa kuin keskimääräiset tuulet, eli muutamia prosentteja.

Tuulensuunnissa sen sijaan voi tapahtua muutoksia. Vanhempien ilmastomallin perusteella voidaan arvioida, että lännenpuoleiset tuulet näyttävät yleistyvän ja idänpuoleiset harvinaistuvan¹²⁰.

Helsingissä ukkostaa keskimäärin 13 päivänä vuodessa. Ukkoskausi keskittyy pääasiassa touko-syyskuulle, jonka aikana salamoita esiintyy keskimäärin noin 26 kpl/100 km². Eniten ukkostaa keskimäärin elokuussa. Ukkosia voi esiintyä Helsingissä myös kylmään vuodenaikaan (loka-huhtikuu), mutta nämä ukkoset tuottavat tyypillisesti vain muutamia salamoita. Koko Suomen ukkosilmastolle on tyypillistä, että keskimääräinen vuotuinen salamamäärä (tai enemmänkin) voi tulla yhden ukkostilanteen aikana: näin kävi esimerkiksi Kiira-rajuilman tapauksessa 12.8.2017. Viimeisimpien tutkimusten mukaan¹²¹ rajuilmojen määrä kasvaa Euroopassa vuosisadan loppuun mennessä, esimerkiksi RCP8.5-skenaarion mukaan 30–60 %. Määrän kasvu näkyy etenkin 2100-luvun loppupuolella. On kuitenkin hyvin epävarmaa, mitkä Euroopan maat kokevat enemmän ja mitkä mahdollisesti vähemmän rajuilmoja. Todennäköisesti Etelä- ja Keski-Euroopassa rajuilmojen määrän kasvu on suurin, kun taas Pohjois-Euroopassa muutos voi olla pieni. Tärkeää on ymmärtää, että ilmaston lämmitessä yksittäinen rajuilma voi olla esimerkiksi Helsingissä entistä rajumpi tai että rajuimpien rajuilmojen osuus kaikista rajuilmoista on tulevaisuudessa suurempi kuin nykyään, vaikka rajuilmojen kokonaismäärässä ei tapahtuisikaan muutosta.

8.2 Kiira-rajuilma 2017 vaurioitti puita ja jonoutti hätänumeron

Voimakkaan tuulen ja rajuilman aiheuttamat vaikutukset ihmisille ja taloudelliselle toiminnalle ovat Helsingissä jääneet melko pieniksi hyvän riskienhallinnan ansiosta. Kesällä 2017 Helsingin yli pyyhkäisi Kiira-rajuilma, joka aiheutti Helsingin pelastuslaitokselle noin 500 hälytystehtävää, ja kaikki Helsingin 13 sopimuspalokuntaa hälytettiin valmiuteen.¹²² Kriittisintä tilanteen kannalta oli Keravan hätäkeskuksen ruuhkautuminen, ja Helsingissä hätänumeron keskimääräinen jonotusaika oli pisimmillään lähes 20 minuuttia¹²³. Helsingissä oli käytössä menettely, jossa pelastuslaitoksen tilannekeskus priorisoi hätäkeskuksen tehtävät ja jakoi ne pelastusyksiköille. Kiira-rajuilman aikana esimerkiksi Flow-festivaaleilla jouduttiin peruuttamaan esityksiä mutta henkilövahingoilta vältyttiin. Kiira-rajuilma aiheutti mittavat vaikutukset Helsingin metsäalueille ja puistoille. Se kaatoi tai vaurioitti noin 10 000:ta puuta Helsingissä. Lisäksi pystyyn jäi puita, jotka ovat sijainniltaan alttiina uusille tuhoille¹²⁴. Rajuilman jälkihoito työllisti Staran ympäristönhoitoa pitkälle syksyyn.

¹²⁰ Ruosteenoja ym., 2013 <http://hdl.handle.net/10138/42362>

¹²¹ Groenemeijer, ym. 2016 https://www.researchgate.net/publication/308034040_Present_and_future_probability_of_meteorological_and_hydrological_hazards_in_Europe

¹²² Puranen, 14.8.2017 <http://pelastustieto.fi/pelastustoiminta/operatiivinen-toiminta/kiira-myrsky-riehui-vakinaiset-ja-vpkt-toissa-kellon-ympari/>

¹²³ Hätäkeskuslaitos, 14.8.2017 <http://www.112.fi/ajankohtaista/uutiset/2/0/kiira-myrsky-ruuhkautti-keravan-hatakeskuksen-73940>

¹²⁴ Helsingin kaupunki, 31.8.2017 <https://www.hel.fi/uutiset/fi/kaupunkiymparisto/kiira-310817>

8.3 Suurin osa Helsingin sähkölinjoista maakaapeloitu

Toisin kuin muualla Suomessa, Helsingissä myrskyt eivät aiheuta juurikaan sähkökatkoja. Tämä johtuu Helen Sähköverkkojen 96 prosentin sähköverkon maakaapelointiasteesta. Helsingin uusimman kaupunginosan Östersundomin osalta tilanne on eri, sillä se kuuluu Keravan Energian jakeluverkkoon.

Helsingissä on paljon merkittäviä yleisötapahtumia, joista kesällä moni on ulkona. Tapah-
tumanjärjestäjät vastaavat tilaisuuksiensa turvallisuudesta, ja lainsäädäntö¹²⁵ vaatii pelastus-
suunnitelman laatimista arviolta yli 200 henkilön yleisötilaisuuksiin. Helsingin pelastuslaitos oh-
jeistaa yleisötapahtumien järjestäjiä varautumaan erilaisiin sääolosuhteisiin. Ulkoilmatapahtu-
missa sääolosuhteet tulee aina ottaa huomioon pelastussuunnitelmassa. Keskeisiä huomioon
otettavia asioita ovat muun muassa evakuoitusuunnittelu, yleisön ohjeistaminen omaan varautu-
miseen sekä rakenteiden säänkestävyys. Sää tiedotusten seuraaminen on viime kädessä tapah-
tuman järjestäjän vastuulla, ja tapahtuman järjestäjä tekee tilannearvion ja sen vaatimat toimen-
piteet. Viime aikoina yleisötapahtumien valvontaan sääolosuhteiden osalta on kiinnitetty huo-
miota entistä paremmin.

Veneily on myös kovalle tuulelle herkkää, ja kova tuuli voi yllättää veneilijän. **Sää tiedotusten
seuraaminen onkin veneilijöille erittäin tärkeää riskien vähentämiseksi.**

8.4 Tuulien ja myrskyjen aiheuttama riski ei muuttune paljoa

**Kovien tuulien ja Kiira-rajuilman kaltaisten tapahtumien toistumistiheyden arvioidaan kas-
vavan jonkin verran tulevaisuudessa, mutta tuulenmuutokset jäävät pieniksi.** Voimak-
kaiden tuulien ja rajuilmojen aiheuttama riski ei välttämättä tule muuttumaan merkittävästi tuuli-
suuden muutosten vuoksi^{126 127}, mutta routaisuuden väheneminen talviaikaan lisää puiden altis-
tumista koville tuulille¹²⁸.

Tapahtumanjärjestäjien pitää ennakoida mahdollinen rajuilma- ja kovien tuulten aiheuttama riski,
ja kansalaisia pitää muistuttaa esimerkiksi kaatuvien puiden aiheuttamista vaaroista.

¹²⁵ Valtioneuvoston asetus pelastustoimesta 2011/407 (3 § 1) <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110407>

¹²⁶ Groenemeijer, ym. 2016 https://www.researchgate.net/publication/308034040_Present_and_future_probability_of_meteorological_and_hydrological_hazards_in_Europe

¹²⁷ Outten & Esau, 2013 <http://doi.org/10.5194/acp-13-5163-2013>

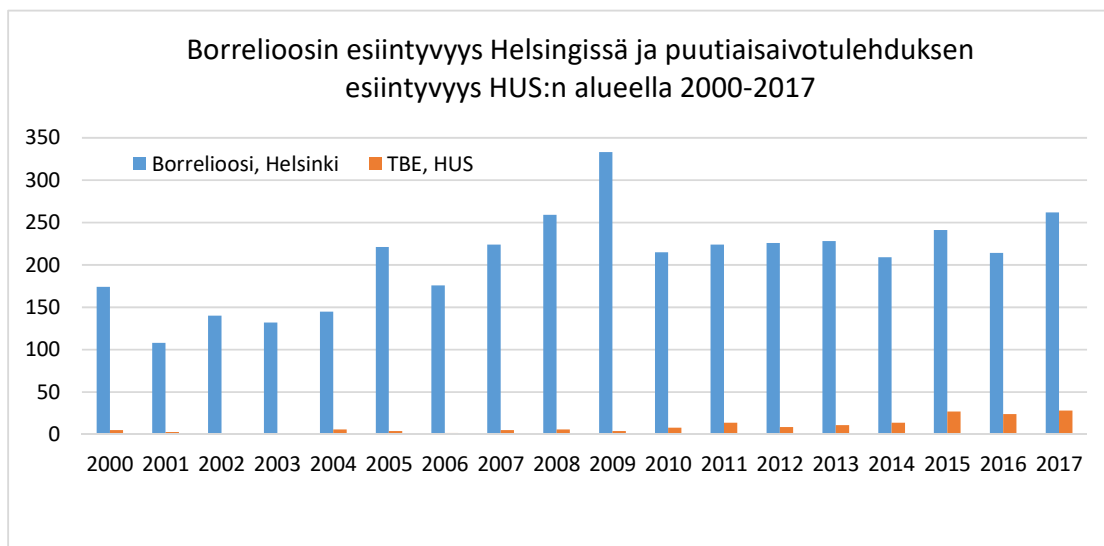
¹²⁸ Lehtonen ym. 2018 käsikirjoitus <https://doi.org/10.5194/hess-2017-727>

9 Riskejä tuovat myös taudit ja ekologiset muutokset

9.1 Eläin- ja vesivälitteiset tautiriskit riippuvat säästä ja ihmisten käyttäytymisestä

Helsingin kaupungin alueella merkittävimmät vektorivälitteiset taudit ovat puutiaisten välittämät borrelioosi ja puutiaisivotulehdus (TBE). Näitä kutsutaan vektorivälitteisiksi taudeiksi, koska tauteja levittävät kuljettajaeliöt eli vektorit. Tuoreimpien tutkimusten mukaan puutiaisen on levittänyt jo lähes koko Suomeen. Puutiaisista 15–20 % kantaa borrelioosia ja TBE:tä noin 1,5 %¹²⁹. Näiden tautien tarttuminen ihmisiin liittyy pitkälti ihmisten käyttäytymiseen, varsinkin vapaa-ajan harrastuksiin. Helsingin saarilla puutiaiset kantavat puutiaisivokuumetta, jota vastaan on rokote. Borrelioosia vastaan ei ole rokotetta, mutta sitä voidaan hoitaa antibiooteilla.

Helsingissä puutiaisten aiheuttama tautiriski on suurin saaristossa. Punkkeja löytyy kuitenkin lähes kaikkialta, mutta Helsingille ei löydy tarkkaa lukua siitä, kuinka suuri osa puutiaisista kantaa taudinaiheuttajia. Helsingissä raportoidaan vuosittain useita borrelioositapauksia, ja HUS:n alueella TBE-tapaukset ovat lisääntyneet vuodesta 2010 (kuva 32). On kuitenkin otettava huomioon, että osa borrelioositapauksista voi olla muualla saatuja, mutta lääkärissä käynti on tapahtunut Helsingissä.



Kuva 32. Borrelioosin esiintyvyys Helsingissä (siniset palkit) ja puutiaisivotulehduksen esiintyvyys HUS:n alueella (oranssit palkit) 2000–2017. Lähde: THL tartuntatautirekisteri¹³⁰

¹²⁹ Reumaliitto: Nauti kesästä – suojaudu punkilta <https://www.reumaliitto.fi/fi/punkki>

¹³⁰ Terveystieteiden tutkimuskeskus. Tartuntatautirekisterin tilastotietokanta <https://www.thl.fi/ttr/gen/rpt/tilastot.html>

Sää- ja ilmasto-olosuhteet vaikuttavat puutiaisten esiintymiseen ja aktiivisuuteen, ja ilmaston lämpeneminen todennäköisesti suosii puutiaisten ja sen välittämien tautien yleistyä kasvukauden pidentyessä. Puutiainen viihtyy +5–25 °C:n lämpötilassa ja mahdollisimman kosteassa, eikä se siedä pitkää kuivuutta. Siten puutiaiskausi alkaa kasvukauden myötä ja päättyy pakkasiin. Puutiaisen kolmivaiheisen kierron eri vaiheiden aktiivinen lämpötila-alue on kuitenkin erilainen. Keväällä nopea lämpötilan nousu mahdollistaa larvojen ja nymfien yhtäaikaisten ateriointin, mikä lisää tautimikrobien leviämistä.

Helsingin Veden raakavesi otetaan Päijänteestä ja talousveden laaduntarkkailu on tasolla, jolla vesivälitteisten tautien riski on pieni. Ilmastoon kytkeytyvät vesivälitteiset taudit liittyvät yleensä rankkoihin sateisiin, jolloin maaperässä olevat epäpuhtaudet pääsevät pilaamaan talousvesiä. Tällaiset tilanteet ovat todennäköisimpiä pienten vesilaitosten alueilla, joilla raakaveden laaduntarkkailu on epäsäännöllistä, tai alueilla, joissa käytetään kaivovettä.

Helsingin alueella vesivälitteisten tautien leviämien uimarannoilta on mahdollista, ja sääyhteys liittyy sekä ihmisten käyttäytymiseen että mikrobikantojen kehittymiseen. Kesän 2014 helleaallon yhteydessä noin 1 500 henkilön sairastuminen liitettiin uimavesien likaantumiseen.¹³¹ Lämpimällä säällä ihmiset hakeutuvat uimarannoille ja useat todetut epidemiat ovatkin ulosteperäisiä. Myös sinileväesiintymät runsastuvat lämpimällä ja tyynellä säällä. Lämpimissä vesissä mikrobikannat kasvavat nopeammin kuin kylmissä vesissä. Rankat sateet puolestaan voivat huuhtoa tauteja aiheuttavia mikrobeja maaperästä rantavesiin.

9.2 Kasvitautilien riski lisääntyy ilmaston muuttuessa

Ilmastomuutoksen johdosta kasvitaudit ja tuhohyönteiset leviävät myös entistä todennäköisemmin kaupunkipuihin. Tuoreimpia tautitapauksia Helsingissä on ollut hevoskastanjoissa syksyllä 2017 todettu saarnensurma, mutta jalavantautilia vielä odotellaan. Vantaalla löydettiin 2016 lehtipuita tuhoava aasianrunkojäärä. Helsingissä on vuonna 2017 selvitetty sen mahdollista esiintymistä. Riski kasvaa ilmaston lämpenemisen myötä. Sopeutumiskeinona on entistä tarkempi havainnointi ja lajiston monipuolisuus.

9.3 Itämeri on altis muutoksille

Ilmastomuutos vaikuttaa Itämeren luonnon monimuotoisuuteen. Meriveden lämpötilan kohoaminen muuttaa eliöiden lajikoostumusta, ja esimerkiksi viileään veteen sopeutuneet lajit todennäköisesti taantuvat eteläisempien lajien runsastuessa¹³²

Ilmaston lämpenemisen myötä vieraslajit vakiintuvat Itämereen aiempaa helpommin. Vilkas laivaliikenne on tuonut jo satakunta vieraslajia, joista osa on pystynyt vakiintumaan¹³³. Vesien lämpenemisestä ja rehevöitymisestä hyötynyt kalalaji hopearuutana, on saapunut viime vuosina Helsingin rannoille Virosta. Se sietää hyvin vähähappisia olosuhteita¹³⁴. Uudet eliölajit kilpailevat resursseista nykyisen lajiston kanssa ja saattavat muuttaa ravintoverkkoja^{135 136}.

¹³¹ Kauppinen ym. 2017 http://dx.doi.org/10.2807/1560-7917_ES.2017.22.8.30470

¹³² Mäkinen ym., 2008 <http://hdl.handle.net/10138/37930>

¹³³ Mäkinen ym., 2008 <http://hdl.handle.net/10138/37930>

¹³⁴ Urho, 2011 http://www.rkti.fi/www/uploads/pdf/uudet%20julkaisut/tyoraportit/kalasto_ilmastonmuutos.pdf

¹³⁵ BACC Author Team, 2008 http://www.hzq.de/imperia/md/content/baltex/springer_bacc_complete.pdf

¹³⁶ Urho, 2008 <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2015102915235>

Eliöiden maantieteelliseen levinneisyyteen vaikuttaa myös Itämeren suolaisuus, joka saattaa laskea ilmastonmuutoksen vuoksi^{137 138}. Suolaisuus vähenee lisääntyneen sateisuuden vuoksi, joka lisää makean veden valumista Itämereen. Suolaisuuden väheneminen voi uhata niin sanottuja avainlajeja, joiden olemassaolosta useat muut lajit ovat riippuvaisia. Vähäsuolaisuus saattaa haitata Suomenlahden nykyisistä kalastetuista lajeista ainakin kilohailin ja kampelan lisääntymistä. Toisaalta kilohaili saattaa hyötyä lämpötilan maltillisesta kohoamisesta¹³⁹.

Ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden nousu voimistaa puolestaan hiilen liukenemista meriveteen, jolloin vesi happamoituu. Hapan vesi liuottaa kalsiumyhdisteitä ja haittaa kalkkitukirankaisten eliöiden kasvua, mikä vaikuttaa ravintoketjuihin. Happamoitumisen arvioidaan vähentävän esimerkiksi eräitä Itämeren simpukkalajeja¹⁴⁰.

Vuosisadan lopulla suurin osa Suomenlahtea on keskimääräisenä talvena jäättömänä, koska Itämeren jäätalvien pituus lyhenee keskimäärin 1–3 kuukautta nykyisestä¹⁴¹. Jäättömyys vähentää meriveden sekoittumista ja voimistaa sen kerrostumista. Nykyisin vesi sekoittuu talvella, kun pintavesi jäähtyy lähelle jäätympistettä, jolloin se muuttuu raskaammaksi kuin alla oleva pariasteinen vesi. Sen seurauksena pintavesi painuu syvän veden läpi, mikä aiheuttaa tehokkaan sekoittumisen. Jos pintavesi ei ilmaston lämpenemisen takia enää jäähdykään syvää vettä kylmemmäksi, sekoittuminen voi loppua kokonaan. Se vaikeuttaisi syvän veden hapettumista ja hidastaisi ravinteiden kulkeutumista pintaan, mikä puolestaan vaikuttaisi haitallisesti Itämeressä asuviin vesielioihin.¹⁴²

Rehevöityminen on tärkein vedenalaisia elinympäristöjä uhkaava tekijä, jota ilmaston lämpeneminen saattaa voimistaa¹⁴³. Rehevöitymistä aiheuttavat maaperästä ja pelloilta veteen liukenevat ravinteet, jotka kulkeutuvat jokien kautta Itämereen. Ravinnevalumaa voimistavat ilmastonmuutoksen myötä lisääntyvät sateet ja paljas maa sekä meriveden lämpötilan nousu, joka kiihdyttää merenpohjan eloperäisen aineksen hajoamista¹⁴⁴. Rehevöityminen aiheuttaa Itämeressä mm. veden samenumista ja pohjakerroksen hapettomuutta. Lisäksi se lisää rihmaleiviä, jotka syrjäyttävät muita lajeja.¹⁴⁵

Suomenlahdella lämpötilan nousu, meriveden kerrostuneisuuden lisääntyminen ja fosforin vapautuminen pohjasta voivat lisätä myrkyllisten sinileväkukintojen määrää – ellei ravinnekupermitusta maalta saada hillittyä¹⁴⁶.

Ilmastonmuutos voi myös voimistaa useiden haitallisten aineiden, kuten raskasmetallien, dioksiinien ja PCB:n, vaikutusta merielioihin. Veden lämpötilan nousu yhdessä matalamman suolaisuuden kanssa voi aiheuttaa viileämpään ja suolaisempaan veteen sopeutuneille eliöille fysiologista stressiä. Sen seurauksena ne saattavat tulla alttiimmiksi Itämereen kertyneiden myrkyllisten kemikaalien haittavaikutuksille. Lämpötilan nousu nopeuttaa eliöiden aineenvaihduntaa,

¹³⁷ Graham, 2004 <http://doi.org/10.1579/0044-7447-33.4.235>

¹³⁸ HELCOM, 2013 <http://helcom.fi/Lists/Publications/BSEP137.pdf>

¹³⁹ Urho, 2011 http://www.rktl.fi/www/uploads/pdf/uudet%20julkaisut/tyoraportit/kalasto_ilmastonmuutos.pdf

¹⁴⁰ Green, ym. 2004 <http://doi.org/10.4319/lo.2004.49.3.0727>

¹⁴¹ HELCOM, 2007 <http://helcom.fi/Lists/Publications/BSEP111.pdf>

¹⁴² Viitasalo, ym. 1995 <http://doi.org/10.1093/plankt/17.10.1857>

¹⁴³ Mäkinen ym., 2008 <http://hdl.handle.net/10138/37930>

¹⁴⁴ Meier ym. 2012 <http://doi.org/10.1007/s00382-012-1339-7>

¹⁴⁵ Mäkinen ym., 2008 <http://hdl.handle.net/10138/37930>

¹⁴⁶ Meier ym. 2012 <http://doi.org/10.1007/s00382-012-1339-7>

jolloin haitallisten aineiden kertymisnopeus voi kasvaa. Lisäksi metallien on havaittu matalassa suolapitoisuudessa kertyvän helpommin vesi-eliöihin.¹⁴⁷

Tämä luku perustuu Ilmasto-oppaan artikkeleihin ”Itämeren erityispiirteet saattavat kadota ilmastomuutuksessa”¹⁴⁸ ja ”Ilmastonmuutos voi muuttaa kalalajien voimasuhteita Etelä-Suomessa”¹⁴⁹.

9.4 Kuivuus aiheuttaa ekologisia vaikutuksia – metsäpalariski on hyvin pieni

Kuivuuden merkittävimmät suorat vaikutukset ovat todennäköisesti luonto- ja terveysvaikutukset. Kuivuuden aiheuttamia vaikutuksia Helsingissä on tutkittu kuitenkin vähän.

Tuoreimpien ilmastomallitulosten perusteella Etelä-Suomessa kuivuus lisääntyy pääasiassa keväällä, mikä johtuu nykyistä aiemmasta lumen ja roudan sulamisesta. Muina vuodenaikoina ilmastomallit eivät Pohjois-Euroopassa näytä yhtä suurta muutosta kuivuuden suhteen¹⁵⁰, ja ero Etelä-Eurooppaan on huomattava. Kuva 33 näyttää, miten kuivuus lisääntyy Helsingissä vuosisadan puoliväliin mennessä. Kohtuullisten kasvihuonekaasupäästöjen RCP4.5-ilmastoskenaarion mukaan kuivuusjakson vuosittainen todennäköisyys on 20 % (toistuu tilastollisesti keskimäärin kerran viidessä vuodessa), kun todennäköisyys jaksolla 1961–2005 oli 10 % (toistuvuus keskimäärin kerran 10 vuodessa)¹⁵¹.

Vuosien 2002–2003 kuivuuden seurauksena Helsingissä kuoli runsaasti puita. Puilla on myös monia tekijöitä, jotka altistavat ja tekevät niistä haavoittuvia kuivuudelle. Heikkokuntoiset puut ovat herkempiä kuivuudelle kuin hyväkuntoiset, eli puiden tervehistoria vaikuttaa niiden haavoittuvuuteen. Lisäksi kasvupaikalla, taudeilla ja metsänhoidolla on merkitystä. Helsingissä eräs puuston haavoittuvuutta lisäävä tekijä on, että asukkaat arvostavat vanhoja metsiä ja vanhoja puistopuita, jotka ovat alttiimpia eri stressitekijöille, kuten kuivuusjaksoille, taudeille ja tuholaisille.

Kuivuuden aiheuttamat vaikutukset metsänkasvuun eivät siten välttämättä lisäänty merkittävästi ilmastomuutoksen vuoksi, sillä puuston kannalta merkittävintä on kasvukauden aikainen kuivuus. Lisääntyviin kuivuusjaksoihin tulee kuitenkin varautua erityisesti viheralueiden hoidossa. Esimerkkejä kuivuuden vaikutuksista on esitetty kuvassa 34.

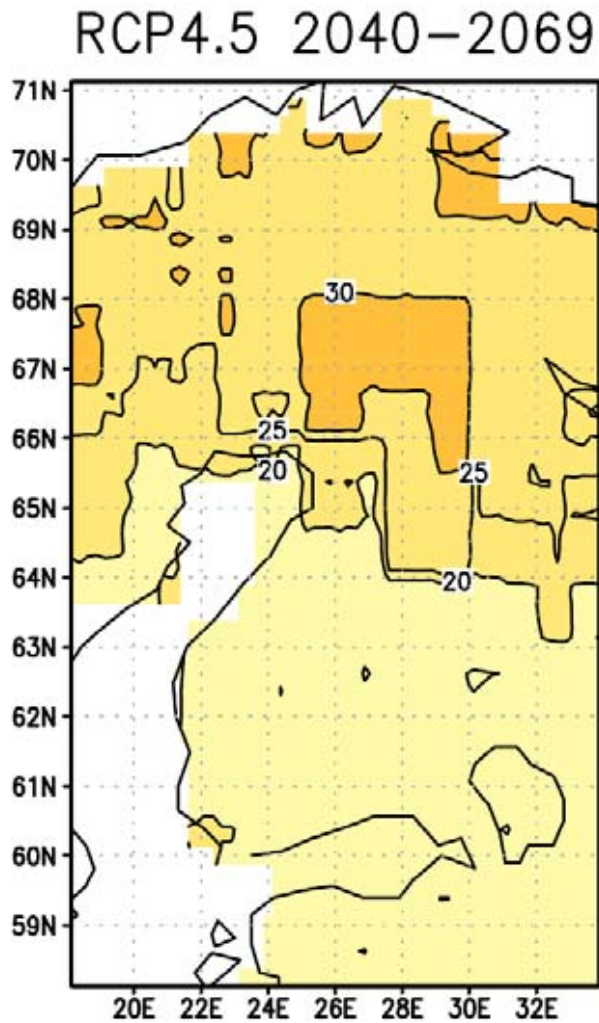
¹⁴⁷ HELCOM, 2007 <http://helcom.fi/Lists/Publications/BSEP111.pdf>

¹⁴⁸ SYKE, 31.12.2014 <http://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/vaikutukset/-/artikkeli/9f658194-8627-4ca9-b2e8-ed339bb4c1b9/itameren-erityispiirteet-saattavat-kadota-ilmaston-muuttuessa.html>

¹⁴⁹ SYKE, 21.11.2014 <http://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/vaikutukset/-/artikkeli/4e34ef1e-95f5-4a93-aa0b-1011f6bf42c6/ilmastonmuutos-voi-muuttaa-kalalajien-voimasuhteita-etela-suomessa.html>

¹⁵⁰ Ruosteenoja ym., 2017 <http://doi.org/10.1007/s00382-017-3671-4>

¹⁵¹ Ruosteenoja ym., 2017 <http://doi.org/10.1007/s00382-017-3671-4>



Kuva 33. Suomen maaperän kuivuusjakson vuosittainen todennäköisyys prosentteina kesä-elokuussa kohtuullisia kasvihuonekaasupäästöjä kuvaavan RCP4.5-skenaariota muuttamalla jaksolla 2040–2069.¹⁵²



Kuva 34. Helsingin kaupungin asiantuntijatyöpajassa tunnistettuja esimerkkejä kuivuuden vaikutuksista.

¹⁵² Ruosteenoja ym., 2017 <http://doi.org/10.1007/s00382-017-3671-4>

Kuivuuden lisääntyminen Helsingissä ei ole merkittävimpien riskien joukossa, mutta puistojen kunnossapidossa ja metsien luonnonhoidon suunnittelussa ja hoidossa mahdollinen kuivuus pitäisi ottaa huomioon. Lisäksi metsäistutuksissa kannattaa suosia monilajisuutta ja kokeilla myös uusia lajeja.

Helsingin kaupungin pelastuslaitoksen riskianalyysin mukaan metsäpalariski Helsingin pelastustoimen alueella on vähäinen. Riskin mahdollisuus on olemassa Santahaminan varuskunta-alueella ja Pohjois-Helsingin laajemmilla metsäalueilla. Metsäpalariski on otettu huomioon pelastuslaitoksen sammutusvesijärjestelyiden suunnittelussa, sopimuspalokuntien resurssien hyödyntämisessä, viranomaisyhteistyössä sekä yhteistyössä Uudenmaan muiden pelastustoimen alueiden kanssa.

9.5 Muuttuvat olosuhteet ja vieraslajit voivat uhata ekosysteemejä

Helsingissä ilmastonmuutoksen luontovaikutuksia täytyy tarkastella ja ottaa huomioon yhdessä kaupunkikehityksen kanssa. Tiivistyvä kaupunki vähentää viheralueiden määrää ja vaikuttaa niiden ekologiseen laatuun usein heikentävästi, koska jäljellä oleville viheralueille kohdistuu yhä suurempi käyttöpaine. Toimivat ekosysteemit ja monimuotoinen luonto ovat kaupungissakin tärkeitä. Kaupungeissa luonnonsuojelualueet ovat pieniä ja viherverkosto on epäjohdonmukainen. Häiriöitä on siten paljon. Helsingissä on kuitenkin vielä jäljellä metsää, viheralueita ja luonnonsuojelualueita. Moniin Helsingin luontoarvoiltaan rikkaisiin saariin on kohdistu-
massa muutoksia kaavoituksen myötä tai niiden avautuessa suurelle yleisölle, mikä lisää myös ilmastonmuutoksen aiheuttamaa painetta saariston luonnolle.

Kuivuuden (luku 9.4) ja routaisuuden (luku 8) muutosten lisäksi luontovaikutuksia aiheuttavat myös talvien sateisuus, märkyys ja vähälumisuus. Helsingin ilmastovyöhyke voi vuosisadan puoliväliin mennessä muuttua kylmätalvisesta ilmastosta leutoalviseen ilmastoon¹⁵³. Siten lämpösumma ja kylmimmän kuukauden lämpötila Helsingissä vastaisi arviolta Viron, Latvian, Liettuan ja osin Tanskan viimeaikaista ilmastoa. Talvien nopea muuttuminen muuttaa monien kasvilajien elinolosuhteita. Merkittävä riski onkin, että tietyt lajit eivät pysty sopeutumaan ja siirtymään uusille alueille. Jos lajit ovat luontotyyppissä, joissa ne elävät merkittävänä ”avainlajeina”, saattaa vaikutus ulottua myös laajemmalle mm. häiriönä ekosysteemien toiminnassa. Vielä ei tiedetä, miten lajien häviäminen vaikuttaa luontotyyppihin ja ekosysteemien toimintaan.

Ilmastonmuutoksen vaikutusta vieraslajiriskiä Helsingissä ei ole tutkittu yksityiskohtaisesti. Helsingin talousarvio 2018 toteaa, että ”ilmastonmuutos lisää myös uusien kasvitautien ja tuholaisten leviämisen riskiä. Kasvillisuuteen liittyviä riskejä ehkäistään laajentamalla puistokasvien ja kaupunkipuun lajivalikoimaa sopimaan paremmin muuttuviin ilmasto-oloihin. Vieraslajien leviämistä ehkäistään¹⁵⁴. Haitalliset vieraslajit ja niiden torjunta aiheuttavat nyt ja tulevaisuudessa merkittäviä kustannuksia kaupungin ylläpidossa. **Vieraslajien torjunnassa ennaltaehkäisy on sekä kustannustehokkaampaa että ympäristöystävällisempää kuin jo syntyneiden haittojen korjaaminen ja lajien torjunta niiden jo vakiinnuttua Suomeen¹⁵⁵.**

Etelä-Suomen tasolla riskiä on arvioitu vuonna 2012¹⁵⁶. Arvion keskeiset johtopäätökset ovat:

¹⁵³ Jylhä ym., 2010 <http://doi.org/10.1175/2010WCAS1010.1>

¹⁵⁴ Helsingin kaupunki, Kaupunginkanslia, 2017 https://www.hel.fi/static/kanslia/Julkaisut/2017/HKI_TA_2018_web.pdf

¹⁵⁵ Helsingin kaupunki, ympäristökeskus, 2015 <https://www.hel.fi/static/ymk/lumo/helsingin-vieraslajiinjalus-2015-2019.pdf>

¹⁵⁶ Heikkinen ym. 2012 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/38721>

Pohjois-Euroopan oloissa vieraslajien leviämistä voi rajoittaa etupäässä kasvukauden lämpimyyden tai talven kylmyys. Sellaiset vieraslajit, joiden leviämistä ja menestymistä talvehtimisolosuhteet (kylmien jaksojen esiintyminen talvikautena) rajoittavat merkittävästi, pystyvät todennäköisesti asettumaan Suomeen ja laajentamaan esiintymisaluettaan hitaammin kuin vieraslajit, joiden levinneisyyden rajat määräytyvät etupäässä kasvukauden aikaisen lämpösumman perusteella. Esimerkiksi nisäkkäillä talvisuuden vaikutukset ilmenevät usein kahden päätekijän kautta: lumipeitteen määrä ja ajallinen pituus ja jääpeitteen esiintyminen. Lisäksi puut ja pensaat voivat olla talviolosuhteille arempia kuin maan pinnan rajassa talvehtivat heinät ja ruohot. Myös useat hyönteislajit pystyvät viettämään kylmät talvikuukaudet lepovaiheessa suojaisissa kohdissa. Uusia lajeja muuttaakin Suomeen etelästä, kun ilmastovyöhykkeet siirtyvät kohti pohjoiseen. Vielä ei kuitenkaan tiedetä, onko niille sopivia elinympäristöjä.

Erilaiset ihmisen toiminnan voimakkaasti muokkaamat ympäristöt ovat paikkoja, joissa vieraslajit erityisesti menestyvät. Helsingissä näitä ovat kaupunkiympäristön lisäksi esimerkiksi satamat, teollisuusalueet ja liikenneväylien varret. Runsaasti vieraslajeja esiintyy myös erilaisissa kosteikko- ja rantaympäristöissä.

Ilmastonmuutoksen vaikutukset tulevat näkymään Suomessa meillä jo esiintyvien vieraslajien kantojen vahvistumisena, uusien elinkelpoisten populaatioiden kehittymisenä, lajien levittäytymisenä kokonaan uusille alueille ja niiden haittavaikutusten voimistumisena sekä uusien luonnossa lisääntymään pystyvien vieraslajien leviämisenä Suomeen. **Ilmastonmuutoksen myötä vieraslajien määrät voivat kasvaa ja nykyiset vieraslajit voivat selviytyä ja lisääntyä alueilla, jotka nykyisin eivät ole niille ilmastollisesti soveliaita.**

Lähivuosikymmenien aikana ilmaston lämpeneminen mahdollistaa nykyään Baltian maissa ja Tanskassa esiintyvien haitallisten vieraslajien leviämisen ja menestymisen Suomessa. Näiden maiden haitallisissa vieraslajeissa on jo Suomessa esiintyviä lajeja (esimerkiksi lupiini, kurtturnuusu ja minkki), parhaillaan Suomessa jalansijaa saamassa olevia lajeja (esimerkiksi kanadanpiisku, joka on levinnyt Helsingissä jo monessa paikassa) sekä lajeja, jotka eivät vielä sanottavammin ole karanneet luontoon tai joita ei esiinny Suomessa (esimerkiksi piikki-kurkku ja harlekiinileppäkerttu).

Ilmastonmuutos tulee ottaa huomioon, kun valitaan istutettavia kasveja, ja näin onkin Helsingissä jo tehty¹⁵⁷. Sopeutumiskeinoksi on ehdotettu ja myös toteutettu lajiston monipuolistamista puistoissa ja katualueilla. Luonnonhoidon linjauksissa (2011)¹⁵⁸ on metsien osalta todettu, että sopivilla kasvupaikoilla suositaan muun muassa jalopuuistutuksia: pyökin kasvattamista on kokeiltu eri puolilla kaupunkia.

¹⁵⁷ Tegel, 2009 https://www.hel.fi/hel2/hkr/julkaisut/2009/kasvien_kayton_linjaukset_11_2009.pdf

¹⁵⁸ Saukkonen, 2011 https://www.hel.fi/static/hkr/julkaisut/2011/luonnonhoito_web.pdf

10 Heijastevaikutuksissa on tärkeää keskittyä huoltovarmuuteen

Heijastevaikutuksilla tarkoitetaan sää- ja ilmastovaihteluiden ja ilmastomuutoksen vuorovaikutusketjuja, jotka alkavat Suomen rajojen ulkopuolelta mutta jotka ulottuvat lopulta aina Suomeen saakka. Heijastevaikutuksia on tutkittu Suomessa varsin vähän. Laajin arvio tehtiin Valtioneuvoston kanslian rahoittamassa ELASTINEN-hankkeessa, ja tässä esitetty karkea arvio perustuu pitkälti ELASTINEN-hankkeen analyysiin¹⁵⁹. **Heijastevaikutuksiin liittyvät riskit pitäisi selvittää Helsingissä tarkasti.** Heijastevaikutuksia tarkasteltaessa ei pitäisi keskittyä vain Suomen rajojen ulkopuolelta tuleviin vaikutuksiin. Myös muualla Suomessa tapahtuvat vaikutukset voivat heijastua Helsinkiin esimerkiksi maatalouden kautta.

Helsingin huoltovarmuus (energia, ruoka ym.) on erittäin riippuvainen muualla tapahtuvasta tuotannosta ja teollisuudesta. **Alkutuotannossa ja teollisuudessa heijastevaikutukset ilmenevät erityisesti raaka-aineiden ja tuotantokelijöiden saatavuudessa ja hinnoissa sekä vientimarkkinoiden kysynnässä.** Hyödykkeiden saatavuus ja hintojen äkillinen nousu esimerkiksi laajamittaisen kuivuuden vuoksi voi vaikuttaa merkittävästi matalatuloisiin kaupunkilaisiin. Helsingissä tulisi myös arvioida se, kuinka riippuvainen kaupunki on muun Suomen ilmastomuutokselle alttiina olevasta toiminnasta.

Energiasektorin tuonnilla on Suomessa erittäin suuri merkitys, ja siirtoyhteyksien kehittyessä heijastevaikutusten mahdollisuus kasvaa entisestään. Energian osalta Helsingissä vaikuttavat erityisesti fossiilisen tuontien energian saatavuus ja hinta. Bioenergian käytön mahdollisesti lisääntyessä myös bioenergian tuotannon globaalit vaihtelut ilmastollisten ääri-ilmiöiden seurauksena heijastunevat kotimaiseen bioenergian hintaan.

Ilmastomuutoksen aiheuttamaa muuttoliikettä on vaikea arvioida, sillä taustalla on yleensä aina myös esimerkiksi poliittisia ja taloudellisia syitä. Jatkuessaan pitkään muuttoliike voi vaikuttaa eri tavoin väestörakenteeseen ja kulttuuriin Suomessa. Lisäksi Helsingin kannattaa varautua uuteen laajamittaiseen, osin hallitsemattomaan maahanmuuttoon muun muassa terveydenhuollossa sekä tilapäisen majoituksen että asuntojen tarvearvioissa.

Terveydelliset heijastevaikutukset voivat syntyä ilmastomuutoksen vahvistamien tautien kulkeutuessa Suomeen. Tämä voi tapahtua turistien ja muiden maahanmuuttajien, tai ilmastomuutoksen aiheuttaman muuttoliikkeen mukana, mikäli maahanmuuttajat kantavat tiettyjä tauteja, esimerkiksi tuberkuloosia tai tuhkarokkoa. Muuttuviin terveysriskeihin on syytä varautua terveydenhuollossa. Myös kansainvälinen kauppa voi tuoda taudinaiheuttajia Suomeen. Sopeutumisen näkökulmasta tärkeää on ehkäistä uusien tautien lisääntymistä sekä kehittää rokotteita ja terveysvalistusta.

Matkailu on toimialana hyvin sää- ja ilmastoherkkä. **Ilmaston muuttuessa matkailuvirrat Suomesta ulkomaille ja ulkomailta Suomeen voivat muuttua.** Suomi on tunnustettu maaksi, jonka

¹⁵⁹ Hildén ym., 2016 <http://tietokavttoon.fi/julkaisu?pubid=15405>

kiinnostavuus matkailukohteena voi kasvaa ilmaston muuttuessa tai turvallisuustilanteen heikentyessä muualla. On kuitenkin muistettava, että muun muassa yleinen taloudellinen tilanne ja kehitys lähtömaissa vaikuttavat voimakkaasti toteutuvaan kehitykseen.

Pitkän aikavälin taloudellisia heijastevaikutuksia on vaikea arvioida. Ilmastonmuutoksen on arvioitu laskevan globaalia bruttokansantuotetta, mikä heijastuu myös Helsinkiin. Tällä voi olla monenlaisia vaikutuksia kaupungin toimintaan. Kansainvälisten rahoitusmarkkinoiden reaktiota muuttuvaan ilmastoon on vaikea arvioida.

11 Kustannustehokkuus on tärkeää valittaessa sopeutumistoimia

Riskienhallinta- ja sopeutumistoimien taloudellisen tehokkuuden pitäisi olla tärkeä kriteeri toimia valittaessa. Toisaalta on tärkeää myös arvioida jo toteutettuja toimia ja oppia niistä. Päätöksenteon tukena olisi siten hyvä käyttää taloudellista analyysiä. Taloudellisen analyysin perimmäinen tarkoitus on tarkastella eri toimenpiteitä taloudellisen tehokkuuden näkökulmasta. Tämä voi edesauttaa laittamaan toimia tärkeysjärjestykseen, myös sektorikohtaisesti tai koko yhteiskunnan tasolla sekä määrittelemään joustavia toimia. Tämä luku perustuu valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan rahoittamaan ELASTINEN-hankkeeseen¹⁶⁰, jossa yhtenä teemana oli taloudellisten analyysimenetelmien käyttö sopeutumiseen liittyvässä päätöksenteossa Helsingissä¹⁶¹. Arviota varten haastateltiin asiantuntijoita Helsingin eri virastoista sekä Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymästä (HSY).

Käytetyin analyysimenetelmä kaupunkisuunnittelussa on kustannus-hyötyanalyysi, jota on käytetty erityisesti tulvasuojelun toimenpiteiden arviointiin. Ensimmäinen hanke, jossa ilmastonmuutokseen sopeutumisen tarvetta Helsingissä arvioitiin, oli BaltCiCa-hanke (2007–2013)¹⁶². Siinä tunnistettiin, että sopeutumistarpeita ja -toimia arvioitaessa tarvitaan myös taloudellista ajattelua ja kustannus-hyötyanalyysiä. Sopeutumiseen liittyvää päätöksentekoa tukemaan tarvittaisiin myös kustannustietopankki. Taloudellinen ajattelu sopeutumistoimien arvioimisessa käynnistettiin Ilmastonkestävä kaupunki (ILKKA) – työkaluja suunnitteluun -hankkeessa. Siinä asiantuntijatyöpajojen avulla priorisoitiin Helsingin kaupungin sopeutumistoimia arvioimalla 46 toimenpiteen tarpeellisuus. Lisäksi tunnistettiin seitsemän läpileikkaavaa teemaa, joiden avulla pohdittiin sopeutumistoiimiin liittyviä tutkimustarpeita ja keinoja, joilla kunkin toimenpiteen tehokkuutta voitaisiin lisätä. Priorisointityöstä tehdyssä raportissa vahvistetaan näkemys, että ilmastoasioiden hallinnan edistäminen vaatisi mm. kustannus-hyötyanalyysien toteuttamista päätöksenteon tueksi¹⁶³.

Tarve etenkin kustannus-hyötyanalyysin tekemiselle Helsingin sopeutumisessa on siis jo tunnistettu. Haastattelujen perusteella voidaan kuitenkin todeta, että **käytännössä kustannus-hyötyanalyysiä ei käytetä, mutta tarvetta nähtiin olevan kahdelle erilaiselle taloudelliselle arviointimenetelmälle:**

1) **Toimien linkkarikustannusten arviointi:** ”Kustannus-hyötyanalyysin käyttö Helsingissä ei kaikissa tapauksissa ole tarpeellista, sillä tulvariskien hallinnan lähtökohta on tavoitteiden saavuttaminen, eli hyväksytyt riskitason saavuttaminen ja ylläpito. Hyväksytyt riskitason saavuttamiseksi hulevesiputket ja viivästys- ja pidätysrakenteet suunnitellaan siten, että tietyin välein tilastollisesti tarkasteltuna esiintyvät tulvat eivät aiheuta alueella ongelmia. Tavoitteisiin perustu-

¹⁶⁰ Ennakoiva lyhyen aikavälin sää-, talous- ja ilmatoriskien hallitseminen (ELASTINEN-hanke) <http://ilmatieteenlaitos.fi/elastinen>

¹⁶¹ Pili-Sihvola ym. 2016 <http://tietokayttoon.fi/julkaisu?pubid=15404>

¹⁶² The BaltCICA Project <http://www.baltcica.org/>

¹⁶³ Yrjölä & Viinanen 2012 <http://www.hel.fi/static/ymk/julkaisut/julkaisu-02-12.pdf>

¹⁶³ Haapala & Järvelä, 2014 <https://www.hel.fi/static/ymk/julkaisut/julkaisu-11-14.pdf>

van päätöksenteon tueksi tulisi arvioida eri toimien elinkaarikustannukset, sillä toimien investointi- ja vaihtoehtokustannukset ovat erisuuruisia eri toteutusvaiheissa. Esimerkiksi uuden asuinalueen viheralueiden alkuinvestointi- ja vaihtoehtokustannukset ovat käytännössä suuremmat kuin hulevesiputkien. Kuitenkin pitkällä aikavälillä, muun muassa ilmastonmuutoksen vuoksi lisääntyvästä epävarmuudesta johtuen, viheralueiden elinkaarikustannukset saattavat olla hulevesiputkien uudelleenmitoitusta alhaisemmat. Eri toimien elinkaarikustannuksia vertailemalla tietty riskitaso saavutettaisiin mahdollisimman alhaisin kustannuksin.

Kaupungin päätöksentekijöille tulisi tarjota aineisto eri toimenpiteiden elinkaarikustannuksista keskitetysti ja siten, että työkalu on helposti käytettävissä eri päätöksenteko- ja työvaiheissa. Sitä toimen priorisointi taloudellisesta näkökulmasta onnistuisi helposti jo suunnitteluvaiheessa.”

2) **Kustannus-hyötyanalyysi:** ”Kustannus-hyötyanalyysin käytölle on tunnistettu tarve Helsingissä, mutta sekä kustannus- että hyötyarvioita on varsin vähän suunnittelijoiden ja päätöksentekijöiden käytössä. Kaupunkisuunnittelun tavoitekeskeisyys vaikeuttaa kustannus-hyötyanalyysin hyödyntämistä, mutta menetelmän käyttö on erityisen tärkeää perusteltaessa esimerkiksi viheralueiden hyötyjä eri toimijoille. Kustannus-hyötyanalyysi mahdollistaa eri toimien priorisoinnin, eli mitä toimia kannattaa toteuttaa ja missä järjestyksessä, ottaen huomioon kaupungin resurssit. Helsingissä tehty priorisointi on tehty sidosryhmien tavoitenäkökulmasta, eikä taloudellisen tehokkuuden näkökulmaa ole otettu huomioon. Toimien taloudellinen tarkastelu kannattaisi tehdä, ennen kuin Helsingissä tapahtuu mittavia tulvavahinkoja, sillä potentiaaliset vaikutukset voivat olla suuret, erityisesti jos tulvavedet pääsevät maanalaisiin rakennelmiin.

Tärkeässä osassa kustannus-hyötyanalyysiä on ymmärtää sää- ja ilmatoriskien vaikutukset ja niihin liittyvät epävarmuudet. Historiallista vaikutustietoa on jonkin verran saatavilla ja sen systemaattisen keräämisen aloittaminen on tärkeää. Tämän jälkeen eri toimien hyötyjä (vältettyjä vahinkoja) voidaan arvioida tarkemmin.”

12 Hyväksytty riskitaso ohjaa päätöksentekoa

Toteutettu sää- ja ilmatoriskiarvio nostaa esiin uuden käsitteen Helsingin sää- ja ilmatoriskeihin varautumisen ja ilmastonmuutokseen sopeutumiseen liittyvään keskusteluun: hyväksytty riskitaso. **Hyväksytty riskitaso** tarkoittaa niitä sään ääri-ilmiöiden ja ilmastonmuutoksen aiheuttamia potentiaalisia vaikutuksia, jotka hyväksytään tapahtuvaksi, eli niitä ei pyritä varautumis- ja sopeutumistoimin vähentämään. Käsite hyväksytystä riskitasosta ohjaa varautumiseen ja sopeutumiseen liittyvää päätöksentekoa, ja siksi käsitteen olemassaolo on hyvä tiedostaa. Mielenkiintoinen jatkotutkimusaihe olisikin määrittää kaupunkilaisten, kaupunkipoliitikkojen ja kaupungin virkahenkilöiden ja organisaatioiden hyväksymää riskitasoa sään ja ilmaston vaikutuksista.

Hyväksytty riskitaso on vaikea määrittää, sillä huomioon on otettava sosiaalisia, poliittisia ja taloudellisia näkökulmia ja eri intressejä. Hyväksytty riskitaso perustuu aina sekä faktoihin että arvovalintoihin. Hyväksytyt riskitasot voivat määrittää asiantuntijat oman osaamisensa avulla, mutta päättäjillä on silti lopullinen päätävävalta toimenpiteiden toteuttamisesta. Alla oleva kuva 35 kuvastaa työpajoihin osallistuneiden henkilöiden ajatuksia hyväksytystä riskitasosta. Mitä suurempi sana on, sitä useammin se on mainittu työpajassa. Kuten työpajassa keskusteltiin, hyväksytty riskitaso on vaikea määrittää, sillä huomioon on otettava sosiaalisia, poliittisia ja taloudellisia näkökulmia ja eri intressejä. Toisaalta hyväksytyt riskitasot voivat määrittää asiantuntijat oman osaamisensa avulla, mutta päättäjillä on silti lopullinen päätävävalta toteutetuista toimenpiteistä. Esimerkiksi keskustelua herättivät hyväksytyt riskitasot mahdolliset määrittämistavat (tilastollinen vai poliittinen lähestymistapa) ja se, että hyväksytty riskitaso luultavasti vaihtelee toimialoittain. Myös ihmishenkiin kohdistuva hyväksytty riskitaso puhututti.



Kuva 35. Sanapilvi Helsingin kaupungin sää- ja ilmastonmuutosriskianalyysin työpajoihin osallistuneiden ajatuksista.

Lähteet

1 Johtopäätökset/Tiivistelmä

Helsingin kaupungin aineisto

Helsingin kaupunki. 2017. Maailman toimivin kaupunki. Helsingin kaupunkistrategia. 2017–2021. 16 s.

<https://www.hel.fi/static/helsinki/kaupunkistrategia/kaupunkistrategia-2017-2021.pdf>

Helsingin kaupunki: Helsinki-turva > Varautuminen <https://www.hel.fi/turva/fi/varautuminen> [Vierailtu 20.2.2018.]

2 Sää/ilmasto ja kaupunki

Helsingin kaupungin aineisto

Helsingin kaupunki. 2017. Maailman toimivin kaupunki. Helsingin kaupunkistrategia. 2017–2021. 16 s.

<https://www.hel.fi/static/helsinki/kaupunkistrategia/kaupunkistrategia-2017-2021.pdf>

Helsingin kaupungin ilmastotyöryhmä. 23.2.2017. Helsingin ilmastomuutokseen sopeutumisen linjaukset 2017–2025.

Esitys kaupunkistrategian valmistelua varten valtuustokaudelle 2017–2021. 31 s. <https://www.hel.fi/static/ymk/ilmasto/Helsingin-ilmastonmuutokseen-sopeutumisen-linjaukset.pdf>

Kahma, K. K., Björkqvist, J.-V., Johansson, M., Jokinen, H., Leijala, U., Särkkä, J., Tikka, K. & Tuomi, L. (Ilmatieteen laitos). 2016. Turvalliset rakentamiskorkeudet Helsingin rannoilla 2020, 2050 ja 2100. Loppuraportti 13.1.2016 (päivitetty 15.1.2016). Helsingin kaupunki, Kiinteistövirasto, Geotekninen osasto. Geoteknisen osaston julkaisu 96. 133 s.

<https://www.hel.fi/static/kv/turvalliset-rakentamiskorkeudet.pdf>

Muu aineisto

Global Covenant of Mayors -sopimus/aloite <https://www.globalcovenantofmayors.org/> [Vierailtu 20.2.2018.]

carbons Climate Registry <http://carbons.org/> [Vierailtu 20.2.2018.]

3 Ilmatoriski

Helsingin kaupungin aineisto

Stadin ilmasto. 1.12.2017 (Päivitetty). Näin tehdään Hiilineutraali Helsinki 2035! (<http://www.stadinil-masto.fi/2017/10/18/nain-tehdaan-hiilineutraali-helsinki-2035/>) [Vierailtu 20.2.2018.]

Tutkimusaineisto

Gregow, H., Carter, T., Groundstroem, F., Haavisto, R., Haanpää, S., Halonen, M., Harjanne, A., Hildén, M., Jakkila, J., Juhola, S., Jurgilevich, A., Kokko, A., Kollanus, V., Lanki, T., Luhtala, S., Miettinen, I., Mäkelä, A., Nurmi, V., Oljemark, K., Parjanne, A., Peltonen-Sainio, P., Perrels, A., Pilli-Sihvola, K., Punkka, A.-J., Raivio, T., Räsänen, A., Sääntti, K., Tuomenvirta, H., Veijalainen, N. & Zacheus, O. 2016. Keinot edistää sää- ja ilmatoriskien hallintaa. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 47/2016. 36 s. <http://tietokaytoon.fi/julkaisu?pubid=15406>

Pilli-Sihvola, K., Haavisto, R., Nurmi, V., Oljemark, K., Tuomenvirta, H., Groundstroem, F., Juhola, S., Miettinen, I. & Gregow, H. 2016. Taloudellisesti tehokkaampaa sää- ja ilmatoriskien hallintaa Suomessa. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 45/2016. 68 s. <http://tietokaytoon.fi/julkaisu?pubid=15404>

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2012. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA. <http://www.ipcc.ch/report/srex>

Safaie, S., Stepanyan, M., Houdijk, R. & Onur, T. 2017: Words into Action Guidelines: National Disaster Risk Assessment. Governance System, Methodologies, and Use of Results. United Nations Office for Disaster Risk Reduction, UNISDR, 303 p. <http://www.unisdr.org/we/inform/publications/52828>

4 Tärkeimmät ilmatoriskit

Tutkimusaineisto

Mäkelä, A., Lehtonen, I., Ruosteenoja, K., Jylhä, K., Tuomenvirta, H. & Drebs, A. 2016. Ilmastonmuutos pääkaupunkiseudulla. Ilmatieteen laitos, Helsinki. Raportteja 2016:18. 28 s. <http://hdl.handle.net/10138/170155>

Ruosteenoja, K., Jylhä, K & Kämäräinen, M. 2016. Climate projections for Finland under the RCP forcing scenarios. Geophysica, Volume 51, Issue 1: 17–50. http://www.geophysica.fi/pdf/geophysica_2016_51_1-2_017_ruosteenoja.pdf

Muu aineisto

carbons Climate Registry <http://carbonn.org/> [Vierailtu 20.2.2018.]

5 Tulvariskit

Helsingin kaupungin aineisto

Valkeapää, R., Nyman, T. & Vaittinen, M. (Ramboll Finland Oy) 2008. Helsingin kaupungin tulvastrategia. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston yleissuunnitteluosaston selvityksiä 201. 12 s. https://www.hel.fi/hel2/ksv/julkaisut/yos_2010-1.pdf

Muu aineisto

Vesihuoltolaki 119/2001 <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20010119> [Vierailtu 20.2.2018.]

Laki tulvariskien hallinnasta 620/2010 <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2010/20100620> [Vierailtu 20.2.2018.]

5.1 Hulevesitulvariski

Helsingin kaupungin aineisto

Haapala, A. 2017. Ilmastonmuutokseen sopeutumisen sisältyminen Helsingin kaupunki

suunnitteluun. Tilannekatsaus vuosien 2015–2016 kaavaehdotuksiin ja suunnitteluprosessin eri vaiheisiin. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 3/2017. 30 s. <https://www.hel.fi/static/ymk/julkaisut/julkaisu-03-17.pdf>

Helsingin kaupunki: Helsinki-turva > Varautuminen <https://www.hel.fi/turva/fi/varautuminen> [Vierailtu 20.2.2018.]

Helsingin kaupunki. 2013. Helsingin kaupungin tulvaohje. Asukkaiden ja omaisuuden suojaaminen tulvavaara-alueilla Helsingissä. 6 s. https://www.hel.fi/static/helsinki/julkaisut/Tulvaohje_suo_17062013.pdf

Helsingin kaupunki. 2016. Stadin katot elävät. Helsingin kaupungin viherkattolinjaus. 7 s. <https://dev.hel.fi/paatokset/media/att/08/08ad9d722e708c4e5ff9aeb3a8c291137aeeab6f.pdf>

Helsingin kaupunki. 2018. Helsingin kaupungin hulevesiohjelma. Helsingin kaupungin kaupunkiympäristön julkaisuja 2018:3. https://www.hel.fi/static/public/hela/Kaupunkiymparistolautakunta/Suomi/Paatos/2018/Kymp_2018-02-06_Kylyk_3_Pk/4BB779B9-2EC3-C7BE-946F-61098D700000/Liite.pdf

Helsingin kaupunki, Kaupunginkanslia. 2017. Helsingin kaupungin talousarvio 2018 ja taloussuunnitelma 2018–2020. Kaupunginvaltuusto 29.11.2017. 341 s. https://www.hel.fi/static/kanslia/Julkaisut/2017/HKI_TA_2018_web.pdf

Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto. 2015. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston ympäristöohjelma 2015–2017. 4 s. https://www.hel.fi/static/public/hela/Kaupunkisuunnittelulautakunta/Suomi/Paatostiedote/2015/Ksv_2015-10-20_Kslyk_23_Pt/6AED9EBF-0056-4ACC-A72F-8458086749D0/Liite.pdf

Hyöty, P., Vähäkäkelä, M., Tvrđy, J., Sunela, M., Björminen, H. & Pekka Raukola, P. (FCG Finnish Consulting Group Oy) 2012. Hulevesitulvariskialueiden ja hulevesitulvamerkkien alueiden selvittäminen Helsingin kaupungissa. Loppuraportti. Helsingin kaupunki, rakennusvirasto. 69 s. <https://dev.hel.fi/paatokset/media/att/07/0777e29427a10a61b9c9350fc53132e0965ff257.pdf>

Kivilaakso, E. Tarkkala, T. Narvi, S. Neuvonen, M., Mikkola, J., Hynynen, M.-L. & Laaksonen, J.-P. 2006. Maanalaisten toimintojen yleinen turvallisuus selvitys. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston yleissuunnitteluosaston selvityksiä 2006:9. 60 s. https://www.hel.fi/hel2/ksv/Aineistot/maanalainen/Maanalaisten_toimintojen_yleinen_turvallisuus selvitys.pdf

Kivilaakso, E., Narvi, S., Neuvonen, M., Siivola, M. & Kolu, S. 2009. Helsingin maanalainen yleiskaava. Maanalaisen yleiskaavan selostus 17.12.2009. Helsingin kaupunki, kaupunkisuunnitteluvirasto, yleissuunnitteluosasto 11830/1 ja 2/2009. 64 s. https://www.hel.fi/hel2/ksv/Aineistot/maanalainen/Maanalaisen_yleiskaavan_selostus.pdf

Nurmi, P., Heinonen, T., Jylhänlehto, M., Kilpinen, J., Nyberg, R. 2008. Helsingin kaupungin hulevesistrategia. Helsingin kaupungin rakennusviraston julkaisut 2008:9 / Katu- ja puisto-osasto. 13 s. https://www.hel.fi/static/hkr/julkaisut/2008/hulevesistrategia_2008_9.pdf

Tutkimusaineisto

Kazmierczak, A. & Kankaanpää, S. 2016. Ilmastolähtöinen sosiaalinen haavoittuvuus pääkaupunkiseudulla. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY. 28 s. <https://www.hsy.fi/sites/Esitteet/EsitteetKatalogi/Raportit/HSY-Ilmastolahtoinen-sosiaalinen-haavoittuvuus.pdf>

Mäkelä, A., Lehtonen, I., Ruosteenoja, K., Jylhä, K., Tuomenvirta, H. & Drebs, A. 2016. Ilmastonmuutos pääkaupunkiseudulla. Ilmatieteen laitos, Helsinki. Raportteja 2016:18. 28 s. <http://hdl.handle.net/10138/170155>

Votsis, A. 2017a. Planning for green infrastructure: the spatial effects of parks, forests, and fields on Helsinki's apartment prices. Ecological Economics, Volume 132: 279–289. <http://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.09.029>

Muu aineisto

The Danish Emergency Management Agency (DEMA). 2013. National Risk Profile (NRP). 56 p. [https://brs.dk/viden/publikationer/Documents/National_Risk_Profile_\(NRP\)_-English-language_version.pdf](https://brs.dk/viden/publikationer/Documents/National_Risk_Profile_(NRP)_-English-language_version.pdf)

Heikkinen, M. 2/2015 (Päivitetty). City Biodiversity Index Helsingissä: Indikaattori 11: Läpäisevät pinnat. <https://www.hel.fi/static/ymk/indikaattorit/cbi-pinnat.pdf>

Ilmastonkestävän kaupungin suunnitteluopas: Viherkertoimen käyttö kaupunkisuunnittelussa <http://ilmastotyokalut.fi/tyokalut/viherkerroin/> [Vierailtu 20.2.2018.]

Ilmatieteen laitos: Lyhytkestoisten sateiden rankkuus ja toistuvuus aika Suomessa. Ilmasto-opas.fi. <http://ilmasto-opas.fi/rankkasateiden-toistuvuus> [Vierailtu 20.2.2018.]

Laki tulvariskien hallinnasta 620/2010 <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2010/20100620> [Vierailtu 20.2.2018.]

Museovirasto. 11.4.2016 (Päivitetty). Haagin yleissopimuksen mukainen kulttuuriomaisuuden luettelointi http://www.nba.fi/fi/ajankohtaista/kansainvalinen_toiminta/kansainvalisia_sopimuksia/haagin-sopimus/luettelointi [Vierailtu 20.2.2018.]

Parjanne, A. 6.10.2017. Hulevesitulvariskien alustava arviointi. Esitys. 16 s. <http://www.ymparisto.fi/download/none/%7B372C52CE-74C8-41D8-93F8-C81AB590C633%7D/131445> [Vierailtu 20.2.2018.]

Suomen ympäristökeskus SYKE. 16.10.2017 (Päivitetty). Tulvariskien alustava arviointi 2. suunnittelukierroksella 5.-6.10.2017. [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Tulviin_varautuminen/Tulvariskien_hallinta/Tulvariskien_hallinnan_suunnittelu/Tulvariskien_alustava_arviointi_2_suunni\(44789\)](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Tulviin_varautuminen/Tulvariskien_hallinta/Tulvariskien_hallinnan_suunnittelu/Tulvariskien_alustava_arviointi_2_suunni(44789)) [Vierailtu 20.2.2018.]

Suomen ympäristökeskus SYKE. 20.10.2017 (Päivitetty). Tulvavahinkojen korvaaminen http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Tulviin_varautuminen/Tulvariskien_hallinta/Tulvavahinkojen_korvaaminen [Vierailtu 20.2.2018.]

Tilastokeskus: Rakennukset ja asunnot 2015 (PX-Web-tietokannat) http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/Postinumeroalueittainen_avoin_tieto/Postinumeroalueittainen_avoin_tieto_2017/paavo_6_ra_2017.px?rxid=053ff272-26c0-467d-8071-622c786f660d [Vierailtu 20.2.2018.]

Tulvakeskus <http://ilmatieteenlaitos.fi/tulvakeskus> [Vierailtu 20.2.2018.]

Valtioneuvoston asetus tulvariskien hallinnasta 659/2010 <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2010/20100659> [Vierailtu 20.2.2018.]

5.2 Merivesi- ja vesistötulvariski

Helsingin kaupungin aineisto

Helsingin karttapalvelu (maastomalli) http://kartta.hel.fi/?setlanguage=fi&e=25496825&n=6673044&r=4&w=*&l=Karttasarja%2CMaastomalli_tarkka_xyz_kolmioverkko&o=100%2C100&swtab=kaikki [Vierailtu 20.2.2018.]

Helsingin kaupunki. 2013. Helsingin kaupungin tulvaohje. Asukkaiden ja omaisuuden suojaaminen tulvavaara-alueilla Helsingissä. 6 s. https://www.hel.fi/static/helsinki/julkaisut/Tulvaohje_suo_17062013.pdf

Helsingin lähivesien sää mittausasemittain <http://meri.hel.fi> [Vierailtu 20.2.2018.]

Helsinki kaupunkiympäristö. 12.10.2017. Urbanit legendat osa 1 – Jääkö Jätkäsaari meren alle? (YouTube-video) <https://www.youtube.com/watch?v=Sgqf5RSJ83A> [Vierailtu 20.2.2018.]

Helsinki Region Infoshare: Helsingin pintamalli <http://www.hri.fi/fi/dataset/helsingin-pintamalli> [Vierailtu 20.2.2018.]

Kahma, K. K., Björkqvist, J.-V., Johansson, M., Jokinen, H., Leijala, U., Särkkä, J., Tikka, K. & Tuomi, L. (Ilmatieteen laitos). 2016. Turvalliset rakentamiskorkeudet Helsingin rannoilla 2020, 2050 ja 2100. Loppuraportti 13.1.2016 (päivitetty 15.1.2016). Helsingin kaupunki, Kiinteistövirasto, Geotekninen osasto. Geoteknisen osaston julkaisu 96. 133 s. <https://www.hel.fi/static/kv/turvalliset-rakentamiskorkeudet.pdf>

Paikkakohtaiset alimmat suositeltavat rakentamiskorkeudet Helsingin edustalla perustuen vedenkorkeuden ja aallokon yhteisvaikutukseen (Kahma ym. 2016): <https://www.hel.fi/static/kv/Geo/Vesi/Poijut.html> [Vierailtu 20.2.2018.]

Vaitomaa, J., Nurmi, P. & Puttonen, J. 2010. Merivesitulvan aikana ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavat riskikohteet Helsingissä. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisu 9/2010. 29 s. <https://www.hel.fi/static/ymp/julkaisut/julkaisu-09-10.pdf>

Ympäristöraportoinnin asiantuntijatyöryhmä. 2010. Helsingin kaupungin ympäristöraportti 2009. 58 s. https://www.hel.fi/static/helsinki/paatosasiakirjat/Kvsto2010/Esityslista14/liitteet/Helsingin_kaupungin_ymparistora-portti_2009.pdf?Action=sd&id=%7BF1C3E306-0784-45AC-A2D0-87C16C131C43%7D

Vähäkäkelä, M., Manninen, K., Koironen, J., Linkola, K. Virmalainen, S. & Kotro, K. (FCG Suunnittelukeskus Oy) 2007. Tulvakohteiden määrittely. Esiselvitys. Helsingin kaupungin rakennusvirasto, katu- ja puisto-osasto. 54 s. https://www.hel.fi/static/hkr/julkaisut/tulvakohteet/tulvakohteet_esiselvitys.pdf

Tutkimusaineisto

Johansson, M. M., Pellikka, H., Kahma, K. K. & Ruosteenoja, K., 2014. Global sea level rise scenarios adapted to the Finnish coast. *Journal of Marine Systems*, Volume 129: 35–46. <http://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2012.08.007>

Kahma, K., Pellikka, H., Leinonen, K., Leijala, U. & Johansson, M. 2014. Pitkän aikavälin tulvariskit ja alimmat suositeltavat rakentamiskorkeudet Suomen rannikolla. *Ilmatieteen laitos, Helsinki*. 48 s. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/135226>

Votsis, A. & Perrels, A. 2016. Housing prices and the public disclosure of flood risk: A difference-in-differences analysis in Finland. *Journal of Real Estate Finance and Economics*, Volume 53, Issue 4: 450–471. <http://doi.org/10.1007/s11146-015-9530-3>

Votsis, A. 2017b. Utilizing a cellular automaton model to explore the influence of coastal flood adaptation strategies on Helsinki's urbanization patterns. *Computers, Environment and Urban Systems*, Volume 64: 344–355.
<http://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2017.04.005>

Muu aineisto

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi tulvariskien arvioinnista ja hallinnasta (2007/60/EY). Euroopan unionin virallinen lehti, L 288/27. 6.11.2007. 8 s. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:288:0027:0034:FI:PDF>

Hallituksen esitys Eduskunnalle laiksi tulvariskien hallinnasta ja eräksi siihen liittyviksi laeiksi HE 30/2010 <http://www.finlex.fi/fi/esitykset/he/2010/20100030> [Vierailtu 20.2.2018.]

Helsingin Sanomat 10.1.2005. Suomenlahti tulvi äkikäisesti kaduille ja taloihin. <https://www.hs.fi/kotimaa/art-200004279516.html>

Jaakonaho, O., Jussila, T. & Rantakokko, K. (toim.) 2015. Helsingin ja Espoon rannikkoalueen tulvariskien hallintasuunnitelma vuosille 2016–2021. Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, Raportteja 97/2015. 78 s.
http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Tulviin_varautuminen/Tulvariskien_hallinta/Tulvariskien_hallinnan_suunnittelu/Tulvariskien_hallintasuunnitelmat/Helsingin_ja_Espoon_rannikkoalueen_tulva%2829184%29

Myrskyvaroitustaali <http://www.myrskyvaroitustaali.com/> [Vierailtu 20.2.2018.]

Suomalainen, M., Seppälä, R. & Jaakonaho, O. 2015. Vantaanjoen tulvariskien hallintasuunnitelma 2016–2021. Hämeen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Raportteja 92/2015. 68 s. http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Tulviin_varautuminen/Tulvariskien_hallinta/Tulvariskien_hallinnan_suunnittelu/Tulvariskien_hallintasuunnitelmat/Vantaanjoen_vesistoalueen_tulvariskien_h%2829282%29

Tulvakeskus: Tulvakarttapalvelu http://paikkatieto.ymparisto.fi/tulvakartat/Html5Viewer_2_7/?locale=fi-FI [Vierailtu 20.2.2018.]

Vähäkäkelä, M., Stening, M., Savisalo, A., Reinikainen, K. & Tvrđy, J. (FCG Finnish Consulting

Group Oy) 2010. Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan rannikkoalueiden alustava tulvariskien arviointiraportti. Uudenmaan ELY-keskus, Y-vastuualue, Raportti 31004-13090. 34 s.

http://www.ymparisto.fi/download/Turina_su_Uusimaa_meritulvapdf/d3b7b2d0-6f50-41a6-b0ba-4511bbc09eae/52201

6 Talviin liittyvät riskit

6.1 Liukastumistapaturmariski

Helsingin kaupungin aineisto

Helsingin kaupungin tapaturmien ehkäisyryhmä 2011–2014 : loppuraportti. Helsingin kaupungin keskushallinnon julkaisu 2014:2. 48 s. <https://dev.hel.fi/paatokset/media/att/df/dfad0ece1d2776f48fbc5c267ecc90aaf1e8faaf.pdf>

Helsingin kaupunki. 20.11.2017. Talvipöytätyö <https://www.hel.fi/helsinki/fi/kartat-ja-liikenne/kadut-ja-liikennesuunnittelu/katujen-kunnossapito/talvikunnossapito/talvipyoraaly> [Vierailtu 20.2.2018.]

Helsingin kaupunki, Kaupunginkanslia. 2017. Helsingin kaupungin talousarvio 2018 ja taloussuunnitelma 2018–2020. Kaupunginvaltuusto 29.11.2017. 341 s. https://www.hel.fi/static/kanslia/Julkaisut/2017/HKI_TA_2018_web.pdf

Tutkimusaineisto

Hippi, M., Hartonen, S. & Hirvonen, M. 2017. Työmatkatapaturmien vähentäminen kelivaroitusmallia kehittämällä. Ilmatieteen laitos, Helsinki, Raportteja 3:2017. 36 s. <http://hdl.handle.net/10138/224484>

Mäkelä, A., Lehtonen, I., Ruosteenoja, K., Jylhä, K., Tuomenvirta, H. & Drebs, A. 2016. Ilmastonmuutos pääkaupunkiseudulla. Ilmatieteen laitos, Helsinki. Raportteja 2016:18. 28 s. <http://hdl.handle.net/10138/170155>

Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin ja Suomen Ortopedi yhdistyksen asettama työryhmä. 2017. Lonkkamurtuma. Suomalainen Lääkäriseura Duodecim, Helsinki. <http://www.kaypahoito.fi/web/kh/suosituks/suositus?id=hoi50040> [Vierailtu 20.2.2018.]

Muu aineisto

Raahen Seutu 19.12.2017: Kenkien nastoitus ruuhkautui – seuraavan kerran kenkiä voi viedä nastoitettavaksi tammi-kuun puolivälissä <https://www.raahenseutu.fi/article-6.1.1187784.9dff056937> [Vierailtu 20.2.2018.]

6.2 Tieliikennettä koskevat riskit

Tutkimusaineisto

Haavasoja, T. & Pilli-Sihvola, Y. 2010. Friction as a measure of slippery road surfaces. Proceedings of SIRWEC 15th International Road Weather Conference, 5–7 February 2010, Quebec City. <http://www.sirwec.org/Papers/quebec/11.pdf>

Juga I, Hippi M, Nurmi P. & Karsisto V. 2014. Weather factors triggering the massive car crashes on 3 February 2012 in the Helsinki metropolitan area. 17th International Road Weather Conference, Andorra, January 30 to February 1, 2014. <http://www.sirwec.org/papers/andorra/21.pdf>

Kämäräinen, M., Hyvärinen, O., Jylhä, K., Vajda, A., Neiglick, S., Nuottokari, J. & Gregow, H. 2017. A method to estimate freezing rain climatology from ERA-Interim reanalysis over Europe. Natural Hazards and Earth System Sciences, Volume 17, Issue: 243–259. <http://doi.org/10.5194/nhess-17-243-2017>

Kämäräinen, M. & Vajda, A. 2016. Heavy snowfall. In: Groenemeijer, P., Vajda, A., Lehtonen, I., Kämäräinen, M., Venäläinen, A., Gregow, H., Becker, N., Nissen, K., Ulbrich, U., Morales Nápoles, O., Paprotny, D. & Púčik, T. 2016. Present and future probability of meteorological and hydrological hazards in Europe. Rain project, D2.5 (Hydro-)meteorological hazard probability in Europe: 86–91. https://www.researchgate.net/publication/308034040_Present_and_future_probability_of_meteorological_and_hydrological_hazards_in_Europe

Mikkonen, V. (Valmixa Oy) 2012. Kolaririskin vähentäminen siirryttäessä nastattomiin talvirenkaisiin https://asiakas.kotisivukone.com/files/nastatutkimus.kotisivukone.com/tiedostot/tutkimusraportit/kolaririskin_vahentaminen_nastatto-massa.valmixa.pdf

Muu aineisto

Helsingin Sanomat. 3.2.2012. Satoja kolareita pääkaupunkiseudulla – liikenteen pahin kaaos helpotti illalla <http://www.hs.fi/kotimaa/art-2000002519173.html> [Vierailtu 20.2.2018.]

6.4 Pimeyden aiheuttamat terveysriskit

Tutkimusaineisto

Hiltunen, L., Ruuhela, R., Ostamo, A., Lönnqvist, J., Suominen, K. & Partonen, T. 2012. Atmospheric pressure and suicide attempts in Helsinki, Finland. International Journal of Biometeorology, Volume 56, Issue 6: 1045–1053. <http://doi.org/10.1007/s00484-011-0518-2>

Huttunen, M. 2016. Kaamosmasennus. <http://www.terveyskirjasto.fi>. Lääkärikirja Duodecim. Kustannus Oy Duodecim 18.10.2016. http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00377 [Vierailtu 20.2.2018.]

Ruuhela, R., Hiltunen, L., Venäläinen, A., Pirinen, P. & Partonen, T. 2009. Climate impact on suicides rates in Finland from 1971 to 2003. International Journal of Biometeorology, Volume 53: 167–175. <http://doi.org/10.1007/s00484-008-0200-5>

7 Kuumuuden ja kylmyyden aiheuttamat terveysriskit

Tutkimusaineisto

Näyhä, S. 2005. Environmental temperature and mortality. *International Journal of Circumpolar Health*, Volume 64, Issue 5: 451–458. <http://doi.org/10.3402/ijch.v64i5.18026>

Näyhä, S. 2007. Heat mortality in Finland in the 2000s. *International Journal of Circumpolar Health* 2007, Volume 66, Issue 5: 418–424. <http://doi.org/10.3402/ijch.v66i5.18313>

7.1 Kesän korkeimmat lämpötilat

Tutkimusaineisto

Mäkelä, A., Lehtonen, I., Ruosteenoja, K., Jylhä, K., Tuomenvirta, H. & Drebs, A. 2016. Ilmastonmuutos pääkaupunki-seudulla. Ilmatieteen laitos, Helsinki. Raportteja 2016:18. 28 s. <http://hdl.handle.net/10138/170155>

7.2 Lämpösaarekeilmiön vaikutus terveysriskiin

Tutkimusaineisto

Drebs, A. 2011 Helsingin lämpösaareke ajallisena ja paikallisena ilmiönä. Pro gradu-tutkielma, e-thesis. Helsingin yliopisto, Geotieteen ja maantieteen laitos, Helsinki. 79 s. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201201121058>

Oke, T. R. 1987. *Boundary Layer Climates*, 2nd edition. Routledge, London. 435 p.

Suomi J. & Käyhkö J. 2012. The impact of environmental factors on urban temperature variability in the coastal city of Turku, SW Finland. *International Journal of Climatology*. Volume 32, Issue 3: 451–463. <http://dx.doi.org/10.1002/joc.2277>

Turun yliopisto. 18.11.2014 (Päivitetty.) Lämpösaarekeilmiön ymmärtäminen tukee kaupunkisuunnittelua. Ilmasto-opas.fi <http://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/sopeutuminen/-/artikkeli/ce71e82c-24a4-4566-985a-8955d12b717c/lamposaare-keilmiön-ymmärtäminen-tukee-kaupunkisuunnittelua.html> [Vierailtu 20.2.2018.]

Muu aineisto

Ilmastokestävän kaupungin suunnitteluopas: Mikä on lämpösaareke? <http://ilmastotyokalut.fi/kaupungin-lamputila-erot/mika-on-lamposaareke/> [Vierailtu 20.2.2018.]

7.4. Kuumuuden ikääntyneille aiheuttama terveystarve

Tutkimusaineisto

Kazmierczak, A. & Kankaanpää, S. 2016. Ilmastolähtöinen sosiaalinen haavoittuvuus pääkaupunkiseudulla. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY. 28 s. <https://www.hsy.fi/sites/Esitteet/EsitteetKatalogi/Raportit/HSY-Ilmastolahtoinen-sosiaalinen-haavoittuvuus.pdf>

Kollanus, V. & Lanki, T. 2014. 2000-luvun pitkittyneiden helleaaltojen kuolleisuusvaikutukset Suomessa. *Duodecim* 130(10): 983–990. <http://www.duodecimlehti.fi/lehti/2014/10/duo11638>

Näyhä, S., Rintamäki, H., Donaldson, G., Hassi, J., Jousilahti, P., Laatikainen, T., Jaakkola, J. J. K. & Ikäheimo, T. M. 2017. The prevalence of heat-related cardiorespiratory symptoms: the vulnerable groups identified from the National FINRISK 2007 Study. *International Journal of Biometeorology*, Volume 61, Issue 4: 657–668. <http://doi.org/10.1007/s00484-016-1243-7>

Ruuhela, R., Jylhä, K., Lanki, T., Tiittanen, P. & Matzarakis, A. Biometeorological assessment of mortality related to extreme temperatures in Helsinki region, Finland, 1972–2014. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Volume 14, Issue 8, 944. 19 p. <http://doi.org/10.3390/ijerph14080944>

Muu aineisto

Energiatehokas koti. 9.1.2018 (Päivitetty.) Ikkunat ja niiden suuntaus http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/rakennuksen-suunnittelu/ikkunat_ja_niiden_suuntaus [Vierailtu 20.2.2018.]

7.5 Helleaaltojen ja kylmyyden aiheuttama riski

Tutkimusaineisto

Drebs, A. 2011 Helsingin lämpösaareke ajallisena ja paikallisena ilmiönä. Pro gradu-tutkielma, e-thesis. Helsingin yliopisto, Geotieteen ja maantieteen laitos, Helsinki. 79 s. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201201121058>

Muu aineisto

Sosiaalihuoltolaki 1301/2014 <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20141301> [Vierailtu 20.2.2018.]

Terveystieteiden tutkimuskeskus 1326/2010 <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2010/20101326> [Vierailtu 20.2.2018.]

8 Tuuli/rajuilmariski

8.1 Tuulet ja ukkoset

Tutkimusaineisto

Groenemeijer, P., Vajda, A., Lehtonen, I., Kämäräinen, M., Venäläinen, A., Gregow, H., Becker, N., Nissen, K., Ulbrich, U., Morales Nápoles, O., Paprotny, D. & Púčik, T. 2016. Present and future probability of meteorological and hydrological hazards in Europe. Rain project, D2.5 (Hydro-)meteorological hazard probability in Europe: 86–91. https://www.researchgate.net/publication/308034040_Present_and_future_probability_of_meteorological_and_hydrological_hazards_in_Europe

Laapas, M. & Venäläinen, A. 2017. Homogenization and trend analysis of monthly mean and maximum wind speed time series in Finland, 1959–2015. International Journal of Climatology, Volume 37, Issue 14: 4803–4813. <http://doi.org/10.1002/joc.5124>

Ruosteenoja, K., Jylhä, K. & Kämäräinen, M. 2016. Climate projections for Finland under the RCP forcing scenarios. Geophysica, Volume 51, Issue 1: 17–50. http://www.geophysica.fi/pdf/geophysica_2016_51_1-2_017_ruosteenoja.pdf

Ruosteenoja, K., Räisänen, J., Jylhä, K., Mäkelä, H., Lehtonen, I., Simola, H., Luomaranta, A. & Weiher, S. 2013. Maailmanlaajuisiin CMIP3-malleihin perustuvia arvioita Suomen tulevasta ilmastosta. Ilmatieteen laitos Raportteja 2013:4, Helsinki. 83 s. <http://hdl.handle.net/10138/42362>

8.2 Kiira-rajuilma 2017

Helsingin kaupungin aineisto

Helsingin kaupunki. 31.8.2017. Kiira-myrskyn jälkien korjaus jatkuu yhä <https://www.hel.fi/uutiset/fi/kaupunkiymparisto/kiira-310817> [Vierailtu 27.12.2017.]

Muu aineisto

Puranen, K. 14.8.2017 Kiira-myrsky riehui – vakinaiset ja VPK:t töissä kellon ympäri. Pelastustieto. <http://pelastustieto.fi/pelastustoiminta/operatiivinen-toiminta/kiira-myrsky-riehui-vakinaiset-ja-vpkt-toissa-kellon-ympari/> [Vierailtu 27.12.2017.]

Hätäkeskuslaitos. 14.8.2017. Kiira-myrsky ruuhkautti Keravan hätäkeskuksen http://www.112.fi/ajankohtaista/uutiset/2/0/kiira-myrsky_ruuhkautti_keravan_hatakeskuksen_73940 [Vierailtu 27.12.2017.]

8.3 Sähkölinjojen maakaapelointi

Muu aineisto

Valtioneuvoston asetus pelastustoimesta 2011/407 <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110407> [Vierailtu 20.2.2018.]

8.4 Tuulien ja myrskyjen aiheuttaman riskin muutokset

Tutkimusaineisto

Groenemeijer, P., Vajda, A., Lehtonen, I., Kämäräinen, M., Venäläinen, A., Gregow, H., Becker, N., Nissen, K., Ulbrich, U., Morales Nápoles, O., Paprotny, D. & Púčik, T. 2016. Present and future probability of meteorological and hydrological hazards in Europe. Rain project, D2.5 (Hydro-)meteorological hazard probability in Europe. 165 p. https://www.researchgate.net/publication/308034040_Present_and_future_probability_of_meteorological_and_hydrological_hazards_in_Europe

Lehtonen, I., Venäläinen, A., Kämäräinen, M., Asikainen, A., Laitila, J., Anttila, P. & Peltola, H. 2018. Projected decrease in wintertime bearing capacity on different forest and soil types in Finland under a warming climate (Manuscript). *Hydrology and Earth System Sciences* <https://doi.org/10.5194/hess-2017-727>

Outten, S. D. & Esau, I. 2013. Extreme winds over Europe in the ENSEMBLES regional climate models. *Atmospheric Chemistry & Physics*, Volume 13, Issue 10: 5163–5172. <http://doi.org/10.5194/acp-13-5163-2013>

9 Tautien ja ekologisten muutosten aiheuttamat riskit

9.1 Eläin- ja vesivälitteiset tautiriskit

Tutkimusaineisto

Kauppinen, A., Al-Hello, H., Zacheus, O., Kilponen, J., Maunula, L., Huusko, S., Lappalainen, M., Miettinen, I., Blomqvist, S., Rimhanen-Finne, R. 2017. Increase in outbreaks of gastroenteritis linked to bathing water in Finland in summer 2014. *Euro Surveillance*, Volume 22, Issue 8. 8 p. <http://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2017.22.8.30470>

Muu aineisto

Reumaliitto: Nauti kesästä - suojaudu punkilta <https://www.reumaliitto.fi/fi/punkki> [Vierailtu 20.2.2018.]

Terveysten ja hyvinvoinnin laitos. Tartuntatautirekisterin tilastotietokanta <https://www.thl.fi/ttr/gen/rpt/tilastot.html> [Vierailtu 3.1.2018.]

9.3 Itämeren muutokset

Tutkimusaineisto

BACC Author Team. 2008. Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg. 474 p. http://www.hzg.de/imperia/md/content/baltex/springer_bacc_complete.pdf

Graham, L. P. 2004. Climate Change Effects on river flow to the Baltic Sea. *Ambio*, Volume 33, Issue 4: 235–241. <http://doi.org/10.1579/0044-7447-33.4.235>

Green, M. A., Jones, M. E., Boudreau, C. L., Moore, R. L. & Westman, B. A. 2004. Dissolution mortality of juvenile bivalves in coastal marine deposits. *Limnology and Oceanography*, Volume 49, Issue 3: 727–734. <http://doi.org/10.4319/lo.2004.49.3.0727>

HELCOM. 2007. Climate Change in the Baltic Sea Area – HELCOM Thematic Assessment in 2007. Baltic Sea Environment Proceedings No. 111. Helsinki Commission. 49 p. <http://helcom.fi/Lists/Publications/BSEP111.pdf>

HELCOM. 2013. Climate Change in the Baltic Sea Area – HELCOM Thematic Assessment in 2007. Baltic Sea Environment Proceedings No. 137. Helsinki Commission. 70 p. <http://helcom.fi/Lists/Publications/BSEP137.pdf>

Meier, H. E. M., Hordoir, R., Andersson, H.C., Dieterich, C., Eilola, K., Gustafsson, B. G., Höglund, A. & Schimanke, S. 2012. Modeling the combined impact of changing climate and changing nutrient loads on the Baltic Sea environment in an ensemble of transient simulations for 1961–2099. *Climate Dynamics*, Volume 39, Issue 9–10: 2421–2441. <http://doi.org/10.1007/s00382-012-1339-7>

Mäkinen, A., Bäck, S., Ekeboom, J., Flinkman, J., Kekäläinen, H., Keynäs, K., Koskela, K., Kotilainen, A., Laine, A., Lax, H.-G., Leskinen, von Numers, M., Oulasvirta, P., Rinkineva-Kantola, L., Ruuskanen, A., Rytteri, T., Syrjänen, K., Tallberg, P. & Vahteri, P. 2008. Itämeri ja rannikko. Julkaisussa: Raunio, A. Schulman, A. & Kontula, T. (toim.). 2008. Suomen luontotyyppien uhanalaisuus – Osa I: Tulokset ja arvioinnin perusteet. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristö 8/2008: 35–53. <http://hdl.handle.net/10138/37930>

SYKE. 31.12.2014 (Päivitetty.) Itämeren erityispiirteet saattavat kadota ilmaston muuttuessa. Ilmasto-opas.fi. <http://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/vaikutukset/-/artikkeli/9f658194-8627-4ca9-b2e8-ed339bb4c1b9/itaameren-erityispiirteet-saattavat-kadota-ilmaston-muuttuessa.html> [Vierailtu 20.2.2018.]

SYKE. 21.11.2014 (Päivitetty.) Ilmastonmuutos voi muuttaa kalalajien voimasuhteita Etelä-Suomessa <http://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/vaikutukset/-/artikkeli/4e34ef1e-95f5-4a93-aa0b-1011f6bf42c6/ilmastonmuutos-voi-muuttaa-kalalajien-voimasuhteita-etela-suomessa.html> [Vierailtu 20.2.2018.]

Urho, L. 2008. Lämpenemisestä hyötyviä tulokkaita. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen asiakaslehti Apaja 1/2008: 7. <http://um.fi/URN:NBN:fi-fe2015102915235>

Urho, L. 2011. Kalasto-, kalakantamuutokset ja vieraslajit ilmaston muuttuessa, Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsinki. RKT:n työraportteja 6/2011. 111 s. http://www.rktl.fi/www/uploads/pdf/uudet%20julkaisut/tyoraportit/kalasto_ilmastonmuutos.pdf

Viitasalo, M., Vuorinen, I., & Saesmaa, S. 1995. Mesozooplankton dynamics in the northern Baltic Sea: implications of variations in hydrography and climate. Journal of Plankton Research, Volume 17, Issue 10: 1857–1878. <http://doi.org/10.1093/plankt/17.10.1857>

9.4 Kuivuus ja metsäpalariski

Tutkimusaineisto

Ruosteenoja, K., Markkanen, T., Venäläinen A., Räisänen, P. & Peltola, H. 2017. Seasonal soil moisture and drought occurrence in Europe in CMIP5 projections for the 21st century. Climate Dynamics, 11 April 2017: 1–16. <http://doi.org/10.1007/s00382-017-3671-4>

9.5 Muuttuvat olosuhteet ja vieraslajit

Helsingin kaupungin aineisto

Helsingin kaupunki, Kaupunginkanslia. 2017. Helsingin kaupungin talousarvio 2018 ja taloussuunnitelma 2018–2020. Kaupunginvaltuusto 29.11.2017. 341 s. https://www.hel.fi/static/kanslia/Julkaisut/2017/HKI_TA_2018_web.pdf

Helsingin kaupunki, ympäristökeskus. 2015. Helsingin vieraslajilinjaus. Tavoitteet ja toimenpiteet haitallisten vieraslajien torjumiseksi vuosina 2015–2019. 36 s. <https://www.hel.fi/static/ympk/lumo/helsingin-vieraslajilinjaus-2015-2019.pdf>

Saukkonen, T. 2011. Helsingin kaupungin luonnonhoidon linjaus. Helsingin kaupungin rakennusviraston julkaisuja 2011:14. 60 s. https://www.hel.fi/static/hkr/julkaisut/2011/luonnonhoito_web.pdf

Tegel, S. 2009. Kasvit ovat kaupungin vaatteet. Helsingin rakennettujen viheralueiden kasvien käytön linjaus. Helsingin kaupungin Rakennusviraston julkaisut 2009:1. 45 s. https://www.hel.fi/hel2/hkr/julkaisut/2009/kasvien_kayton_linjaus_11_2009.pdf

Tutkimusaineisto

Heikkinen, R., Pöyry, J., Fronzek, S. & Leikola, N. 2012. Ilmastonmuutos ja vieraslajien leviäminen Suomeen – Tutkimustiedon synteesi ja suurilmastollinen vertailu. Suomen ympäristökeskus SYKE, Helsinki. 117 s. Suomen ympäristö 7/2012 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/38721>

Jylhä, K., Tuomenvirta, H., Ruosteenoja, K., Niemi Hugaerts, H., Keisu, K. & Karhu, J. A. 2010. Observed and projected future shifts of climatic zones in Europe, and their use to visualize climate change information. *Weather, Climate, and Society*, Volume 2: 148–167. <https://doi.org/10.1175/2010WCAS1010.1>

10 Heijastevaikutukset

Tutkimusaineisto

Hildén, M., Groundstroem, F., Carter, T. R., Halonen, M., Perrels, A. & Gregow, H. 2016. Ilmastonmuutoksen heijastevaikutukset Suomeen. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 46/2016. 62 s. <http://tietokayttoon.fi/julkaisu?pubid=15405>

11. Kustannustehokkuus

Helsingin kaupungin aineisto

Haapala, A., & Järvelä, E. 2014. Helsingin ilmastonmuutokseen sopeutumisen toimenpiteiden priorisointi. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 11/2014. 28 s. <https://www.hel.fi/static/ymk/julkaisut/julkaisu-11-14.pdf>

Yrjölä, T. & Viinanen, J. 2012. Keinoja ilmastonmuutokseen sopeutumiseksi Helsingin kaupungissa, Helsingin Kaupungin Ympäristökeskuksen julkaisuja 2/2012. 52 s. <http://www.hel.fi/static/ymk/julkaisut/julkaisu-02-12.pdf>

Tutkimusaineisto

The BaltCICA Project. Climate Change: Impacts, Costs and Adaptation in the Baltic Sea Region <http://www.baltcica.org/> [Vierailtu 20.2.2018.]

Ennakoiva lyhyen aikavälin sää-, talous- ja ilmatoriskien hallitseminen (ELASTINEN-hanke) <http://ilmatiiteenlaitos.fi/elasticinen> [Vierailtu 20.2.2018.]

Pilli-Sihvola K, Haavisto R, Nurmi V, Oljemark K, Tuomenvirta H, Groundstroem F, Juhola S, Miettinen I & Gregow H. 2016. Taloudellisesti tehokkaampaa sää- ja ilmatoriskien hallintaa Suomessa. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 45/2016. 68 s. <http://tietokayttoon.fi/julkaisu?pubid=15404>

Liite 3

Global Covenant of Mayors for Climate & Energy. <https://www.globalcovenantofmayors.org/> [Vierailtu 20.2.2018.]

Compact of Mayors. 2015. Compact of Mayors Full Guide. 22 p. https://data.bloomberglp.com/mayors/sites/14/2015/07/Compact-of-Mayors-Full-Guide_July2015.pdf

LIITE 1 Työn laatimiseen osallistuneet tahot

Ilmastoriskityöryhmä

Viinanen Jari, pj.	Kaupunkiympäristön toimiala (Kymp), Ympäristöpalvelut (Ympa)
Huvila, Heidi	Kymp, Kehittämispalvelut
Ignatius Sonja-Maria	Kymp, Ympa
Kankaanpää Susanna	Helsingin seudun ympäristöpalvelut (HSY)
Kokkonen Annukka	Sosiaali- ja terveystoimiala, Tilapalvelut
Koskinen Matti	Kaupunginkanslia, Turvallisuus- ja valmiusyksikkö
Rekola Hanna	Pelastuslaitos
Saari Petri	Helsingin seudun liikenne (HSL)
Vuosalmi Anssi	Kaupunginkanslia, Turvallisuus- ja valmiusyksikkö

Työpajoihin osallistuneet henkilöt

Nimi	Taho/Kaupungin toimiala	Työpaja 1	Työpaja 2
Evokari Viliina	Kymp, Ympa	X	X
Haahla Anu	Kymp, Ympa	X	X
Haapala Auni	Kymp, Ympa		X
Huvila Heidi	Kymp, Kehittämispalvelut	X	X
Ignatius Sonja-Maria	Kymp, Ympa	X	X
Kankaanpää Susanna	Helsingin seudun ympäristöpalvelut (HSY)	X	X
Kokkonen Annukka	Sosiaali- ja terveystoimiala, Tilapalvelut		X
Korhonen Juha	Kymp, Ympa		X
Korpi Ilkka	Kaupunginkanslia	X	X
Koskinen Matti	Kaupunginkanslia, Turvallisuus- ja valmiusyksikkö	X	X
Lahdenperä Paavo	Kymp, Maankäyttö- ja kaupunkirakenne (Maka)	X	X
Lukin Markus	Kymp, Ympa		X
Nurmi Paula	Kymp, Maka	X	
Rantsi Jari	Kymp, Maka		X
Rekola Hanna	Pelastuslaitos	X	
Takainen Heikki	Kymp, Maka	X	
Tyynilä Suvi	Kymp, Maka		X
Viinanen Jari	Kymp, Ympa	X	X

LIITE 2 Menetelmät

Käytetyt aineistot ja aineiston keruu:

- Sopeutumiseen liittyvät Helsingin kaupungin asiakirjat
- Kirjallisuuskatsaukset rajatuista aihepiireistä
- Kartta-aineistot
- Työpajat → Kaupungin asiantuntija-arviot vaaratekijöistä ja niiden vaikutuksista sekä haavoittuvuustekijöistä, tietotarpeet sopeutumisen tueksi ja kaupungin prosessien hahmottaminen.

LIITE 3 Compact of Mayors - sopimuksen vaaratekijälistaus

Any city or town in the world may commit to the Compact of Mayors—regardless of size or location. A city has up to three years to meet a series of requirements and fully comply, culminating in the creation of a full climate action and adaptation plan, and it will be recognized as each step is met. Many cities have already completed some of the activities and can be compliant in fewer than three years.

To commit to the Compact, a city must:



REGISTER COMMITMENT.

A mayor may register on either of the Compact's standard reporting platforms—carbonn Climate Registry or CDP—or email a letter of intent to info@compactofmayors.org. Following its submission, a city will be contacted by the Compact support team.



TAKE INVENTORY.

Within one year, a mayor must assess the current impacts of climate change in his/her city. To do so, the city must 1) Build and complete a community-wide GHG inventory with a breakdown of emissions for buildings and transport sectors, using the GPC standard; 2) Identify climate hazards; and 3) Report on both via the CDP or carbonn Climate Registry questionnaires.



CREATE REDUCTION TARGETS AND ESTABLISH A SYSTEM OF MEASUREMENT.

Within two years, the registered city must update its GHG inventory to also include a breakdown of emissions from waste sector; set a target to reduce its GHG emissions; conduct a climate change vulnerability assessment consistent with Compact guidance; and report in its chosen platform.



ESTABLISH AN ACTION PLAN.

Within three years, a city's strategic action plan must show how it will deliver on its commitment to reduce greenhouse gas emissions and adapt to climate change.



Compact of Mayors -ilmastosopimuksen¹⁶⁴ ¹⁶⁵vaatimuksena on tunnistaa ilmatoriskit ja raportoida niistä vuosittain Carbon Disclosure Project (CDP) tai Carbonn Climate Registry (cCR) -raportointijärjestelmiin. Helsingin kaupunki raportoi molempiin. Tämän tekijän vaaratekijä-listaus perustuu cCR-raportointijärjestelmään, jossa kaupunkien tulee arvioida aiheuttavatko seuraavat vaaratekijät haittoja tällä hetkellä tai tulevaisuudessa:

From the following list of climate hazards, please indicate those which your community currently experiences, and those anticipated in the future. Please also indicate which current and/or anticipated impacts of climate change present significant physical risks to the reporting entity.

¹⁶⁴ Compact of Mayors. 2015. Compact of Mayors Full Guide. 22 p. https://data.bloomberglp.com/mayors/sites/14/2015/07/Compact-of-Mayors-Full-Guide_July2015.pdf

¹⁶⁵ Vuonna 2016 eurooppalaisten pormestarien ja kaupunginjohtajien yleiskokous ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi (Covenant of Mayors) yhdistyi toisen kansainvälisen ilmastoaloitteen Compact of Mayorsin kanssa, jolloin syntyi uusi sopimu/aloite Global Covenant of Mayors for Climate & Energy. <https://www.glob-alcovenantofmayors.org/>

Climate hazard	Currently experienced?	Anticipated in the future?	Presents significant physical risk to the reporting entity?
Rain storm			
Heavy snow			
Severe wind			
Tornado			
Cyclone (Hurricane/Typhoon)			
Tropical storm			
Electrical storm			
Fog			
Extreme winter conditions			
Cold wave			
Extreme cold weather			
Heat wave			
Extreme hot weather			
Drought			
Forest fire			
Land fire			
Fresh/surface flood			
River flood			
Coastal flood			
Groundwater flood			
Storm surge			
Salt water intrusion			
Ocean acidification			
Landslide			
Avalanche			
Rockfall			
Subsidence			
Water-borne disease			
Vector-borne disease			
Air-borne disease			
Insect infestation			
Other			

Kuvailulehti

Tekijä(t)	Karoliina Pilli-Sihvola, Riina Haavisto, Ulpu Leijala, Sanna Luhtala, Antti Mäkelä, Reija Ruuhela ja Athanasios Votsis / Ilmatieteen laitos
Nimeke	Sään ja ilmastonmuutoksen aiheuttamat riskit Helsingissä
Sarjan nimeke	Helsingin kaupungin kaupunkiympäristön julkaisuja
Sarjanumero	2018:6
Julkaisuaika	2018
Sivuja	92
Liitteitä	3
ISBN	978-952-331-422-1 (verkkoversio), 978-952-331-421-4 (painettu versio)
ISSN	2489-4230 (verkkoversio), 2489-4222 (painettu versio)
Kieli, koko teos	Suomi
Kieli, yhteenveto	Suomi

Tiivistelmä:

Ilmastonmuutoksen aiheuttamien vaikutusten lisääntyessä Helsingin kaupungin eri toimijoiden on entistä enemmän kiinnitettävä huomiota näiden vaikutusten vähentämiseen. Muun muassa kasvava tulva- ja helleriski ja lisääntyvät luontoon kohdistuvat vaikutukset voivat aiheuttaa merkittäviä taloudellisia, terveydellisiä ja ekologisia vaikutuksia. Lisääntyvien tulvien ja helteiden lisäksi on muistettava, että Helsinki on ilmastonmuutoksesta huolimatta vielä pitkään talvinen kaupunki. Liukkaat kelit ja niiden torjunta on tärkeä osa Helsingin ilmatoriskin hallintaa, sillä liukastumiset aiheuttavat merkittäviä kustannuksia yhteiskunnalle. Tässä raportissa on käyty läpi laaja kattaus tällä hetkellä näköpiirissä olevia sään ja ilmastonmuutoksen aiheuttamia mahdollisia vaikutuksia ja arvioitu, mitkä yhteiskunnalliset muutostekijät ilmastonmuutoksen lisäksi lisäävät näitä riskejä. Raportissa on myös arvio siitä, millä keinoin näitä vaikutuksia voidaan vähentää. Kaiken kaikkiaan, ennakoiva, kustannustehokas riskien vähentäminen on paras tapa tehdä Helsingistä maailman toimivin kaupunki säästä ja ilmastonmuutoksesta riippumatta. Helsingin kaupunki on laatinut ”Helsingin ilmastonmuutokseen sopeutumisen linjaukset 2017–2025”, ja sen yhdeksi toimenpiteeksi on määritelty ilmatoriskien arviointi, jonka tämä raportti esittää. Työn on tilannut Helsingin kaupunkiympäristön toimialan ympäristöpalvelut ja sen on toteuttanut Ilmatieteen laitos.

Avainsanat Ilmastonmuutos, sää, riski, Helsinki

Helsinki

Kaupunkiympäristön toimiala huolehtii Helsingin kaupunkiympäristön suunnittelusta, rakentamisesta ja ylläpidosta, rakennusvalvonnasta sekä ympäristöön liittyvistä palveluista.