Opas rakennukseen kohdistuvien ilmastoriskien ja sopeutumisratkaisujen arvioimiseksi

PETRI ANNILA, MERI HIETALA, JUKKA LAHDENSIVU, TONI PAKKALA, MIKKO KOSKIVUORI, KARI NÖJD, TEEMU VANHA-VIITAKOSKI

Anna palautetta tai kysy oppaasta: rateko@rateko.fi
Opasta saa käyttää CC BY-SA-lisenssin mukaisella tavalla.

Rakennusteolisuus RT ry
PL 381 (Eteläranta 10)
00131 Helsinki
Puh. +358 9 12 991

Kannen valokuva: Willowpix
Taitto: Akku Design
© Rakennusteollisuus RT ry/ Rakennusteollisuuden Koulutuskeskus RATEKO
Kustantaja: Rakennusteollisuus RT ry
ISBN 978-952-94-9781-2

SISÄLLYSLUETTELO

ESIPUHE 1

1 JOHDANTO 3
1.1 Oppaan tarkoitus ja tavoitteet 3
1.2 Taustaa oppaassa käsiteltävälle arvioinnille 3
1.2.1 Arviointi osana hyvää kiinteistönpitoa 3
1.2.2 Ilmastonmuutos, riskit ja niihin varautuminen 4
2 TARKASTELTAVAT ILMASTORISKIT 5
3 RISKITARKASTELUN SUORITTAMINEN 6
3.1 Tarkastelun työvaiheet 6
3.2 Riskitarkastelun ajoitus ja sen ohjausvaikutus 7
3.3 Suunnitteilla oleva rakennushanke 8
3.3.1 Alue- ja tonttitason tarkastelu 9
3.3.2 Rakennustason tarkastelu 9
3.4 Olemassa oleva rakennuskanta 10
3.4.1 Karkean tason arviointi 11
3.4.2 Syventävä arviointi 12
4 RISKITARKASTELUN KOHTEET 13
4.1 Pohjaolosuhteet ja perustukset 13
4.2 Tontti ja rakennuksen sijainti 13
4.2.1 Kosteusrasitukset 13
4.2.2 Maastopaloriski 14
4.3 Alapohjat ja maanvastaiset seinät 14
4.4 Julkisivu- ja vesikattorakenteet 14
4.5 Sisäilmasto-olosuhteet 15
5 ILMASTORISKIEN ARVIOINTI 16
5.1 Ilmastoriskien todennäköisyyden analysointi 16
5.2. Vaikutusten ja seurausten arviointi 17
5.3 Ilmastoriskien merkittävyyden arviointi 18
6 SOPEUTUMISRATKAISUJA JA TOIMENPIDE-EHDOTUKSIA 20
6.1 Tulvariskit 20
6.2 Tontin kosteudenhallinta 21
6.3 Alapohjat ja maanvastaiset seinät 21
6.4 Julkisivut ja vesikatot 22
6.5 Sisäilmasto-olosuhteet 23
6.6 Maastopalot 24
6.7 Maaperään liittyvät riskit 24
7 TARVITTAVAT LÄHTÖTIEDOT 25
8 ASIANTUNTIJAOSAAMINEN 26
9 ILMASTORISKITARKASTELUN TILAAJAN OHJE 27
9.1 Tavoitteiden asettaminen 27
9.2 Aineiston kokoaminen 27
9.3 Hankintamenettely 28

LIITE 1 ILMASTONMUUTOS SUOMESSA ... 29
L 1.1 Lämpötila ... 29
L 1.1.1 Lämpötilan muutokset ... 29
L 1.1.2 Lämpökuormitus ... 30
L 1.1.3 Lämpö- ja kylmyysaallot, pakkanen ... 30
L 1.2 Tuuliolot ... 31
L 1.2.1 Tuuliolojen muutokset ... 31
L 1.2.2 Myrskytuulet ... 31
L 1.3 Sateisuus ... 32
L 1.3.1 Sademäärä ... 32
L 1.3.2 Viistosade ... 32
L 1.3.3 Viistosateen vaikutukset rakennuksiin ... 33
L 1.3.4 Voimakkaat sateet ... 34
L 1.4 Tulvat ... 35
L 1.4.1 Merivesitulva ... 35
L 1.4.2 Vesistötulva ... 39
L 1.4.3 Hulevesitulva ... 39
L 1.4.4 Tulville alttiit rakennukset ... 41
L 1.5 Muut veteen liittyvät riskit ... 43
L 1.5.1 Meren happamoituminen ... 43
L 1.5.2 Meriveden intruusio ... 43
L 1.5.3 Meren pinnan kohoaminen ... 43
L 1.5.4 Vesistressi ja kuivuus ... 43
L 1.5.5 Jäätikköjärven purkautuminen ... 44
L 1.6 Maastopalot ... 44
L 1.7 Syklonit, hurrikaanit, taifuunit ja pyörremyrskyt ... 45
L 1.8 Ikiroudan sulaminen ... 45
L 1.9 Maamassoihin ja maaperään liittyvät riskit ... 46
L 1.9.1 Maaperän ja rannikon eroosio ... 46
L 1.9.2 Maanvyöryt ja -sortumat sekä vettyneen rinnemaan valuminen ... 46
L 1.9.3 Maaperän huonontuminen ... 46
LIITE 2 ESIMERKKEJÄ TARKASTELUN SUORITTAMISESTA ... 47
L 2.1 Uudiskohteet: palvelurakennukset A ja B ... 47
L 2.2 Uudiskohde: kauppakeskus C ... 48
L 2.3 Karkea tarkastelu suppeilla lähtötiedoilla ... 49
LIITE 3 SUOSITUS EU-TAKSONOMIAN SOVELTAMISEKSI ... 50
L 3.1 EU-taksonomia ja KIRA-ala ... 50
L 3.2 Ilmastonmuutokseen sopeutumista koskevat kriteerit ... 50
LIITE 4 OTTEITA TAKSONOMIAA KOSKEVISTA SÄÄDÖKSISTÄ JA EU-KOMISSION ANTAMISTA TEKNISISTÄ SELVENNYKSISTÄ ... 53
L 4.1 Ilmastonmuutokseen sopeutumista koskevat ”ei merkittävää haittaa” -periaatteen mukaiset yleiset kriteerit ... 53
L 4.2 Ilmastonmuutokseen sopeutumisen merkittävä edistäminen,Tekniset arviointikriteerit ... 56
L 4.3 Ilmastoon liittyvien uhkien luokittelu ... 57
L 4.4 Teknisiä selvennyksiä säädöksen (EU) 2021/2139 liitteen I, lisäyksen A kriteereihin, jotka koskevat ilmastonmuutokseen sopeutumisen ”ei merkittävää haittaa” -periaatetta (komission tiedonanto C/2023/267) ... 58

LÄHTEET ... 63

ESIPUHE

Ilmastonmuutoksen myötä sään ääri-ilmiöt, kuten rankkasateet, myrskyt, tulvat, kuivuusjaksot ja helleaallot lisääntyvät ja voimistuvat. Rakennettuun ympäristöön kohdistuvat riskit kasvavat, ja riskeihin on entistä tärkeämpää varautua ennakolta. Se edellyttää päätöksiä, joiden tueksi tarvitaan toimenpidesuosituksia, joiden puolestaan tulee perustua alue- ja rakennuskohtaiseen tietoon ilmastoriskeistä ja niiden vaikutuksista.

Nykyisin ilmastoriskien ja sopeutumisratkaisujen arviointi on tärkeä osa ammattimaista kiinteistöjen hankintaa ja omistamista sekä uudis- ja korjausrakennushankkeiden suunnittelua. Ilmastoriskien ja sopeutumisratkaisujen arviointi voi esimerkiksi liittyä EU:n taksonomialuokituksen tavoitteluun tai se voidaan tehdä itsenäisesti kiinteistönpidon tueksi.

Opas rakennukseen kohdistuvien ilmastoriskien ja sopeutumisratkaisujen arvioimiseksi kuvaa riskien tarkastelun ja varautumistoimenpiteiden suunnittelun hyvät käytänteet. Samalla opas kokoaa täysin uudella tavalla yhteen ilmastoriskien arvioinnissa tarvittavaa monitieteistä tietoa ja tarjoaa siten eri alojen asiantuntijoille mahdollisuuden päivittää omaa asiantuntijaosaamistaan. Oppaan liitteessä annetaan suosituksia EU:n taksonomialuokituksen mukaiseen menettelyyn.

Oppaan linjaukset perustuvat kirjoittajien ja oppaan kehittämiseen osallistuneiden tahojen asiantuntemukseen ja käytännön työssä hankittuun kokemusperäiseen tietoon. Linjausten tukena on käytetty uusinta mahdollista tutkimustietoa ja ilmastonmuutokseen sopeutumista koskevia EU:n taksonomiasäädöksiä.

Oppaan kirjoittamisen tueksi perustetulta ohjausryhmältä saatiin syksyllä 2023 laaja ilmastoriskien arviointiin liittyvä aineisto, jonka pohjalta oppaan kirjoitustyö käynnistyi. Kirjoittamisesta vastasi lausuntokierrokseen saakka työryhmä, jonka työtä koordinoi TkT Petri Annila Terveet talot Oy:stä. Kirjoitustyöhön osallistuivat Petri Annilan lisäksi TkT Jukka Lahdensivu Ramboll Finland Oy:stä, TkT Toni Pakkala Tampereen yliopistosta ja DI Meri Hietala Rakennusteollisuuden Koulutuskeskus RATEKOsta. Lausuntokierroksen jälkeen oppaan kehittämistä jatkoi RATEKOn johtama työryhmä. Työryhmään kuuluivat Meri Hietalan lisäksi TkT Petri Annila, ins. (ylempi AMK) Mikko Koskivuori Afry Finland Oy:stä ja ins. (AMK) Kari Nöjd sekä DI Teemu Vanha-Viitakoski Sweco Finland Oy:stä.

Oppaan laatimista on vuosina 2023–2024 ohjannut asiantuntijoista koostunut ohjausryhmä, jonka puheenjohtajana on toiminut Meri Hietala. Ohjausryhmä on kokoontunut yhteensä viisi kertaa. Se on antanut oppaaseen lukuisia arvokkaita kehitysehdotuksia ja tukenut kirjoitustyötä.

Ohjausryhmä ja kirjoittajat

Afry Finland Oy	Mikko Koskivuori
A-Insinöörit Oy	Elli Kinnunen, Janita Rintala
Rakennusteollisuus RT ry / Talonrakennusteollisuus ry	Jani Kemppainen
Ramboll Finland Oy	Jukka Lahdensivu, Jenni Happonen, Ilkka Mäkelä
Rakennusteollisuuden Koulutuskeskus RATEKO	Meri Hietala
Suomen Yliopistokiinteistöt Oy	Heikki Savikko
Sweco Finland Oy	Kari Nöjd
Tampereen yliopisto	Toni Pakkala
Terveet talot Oy	Petri Annila
Turun kaupunki	Anna Liedes
Ympäristöministeriö	Katja Outinen

Ilmastoriskien arvioinnin tueksi oppaaseen on koottu katsaus siitä, kuinka ilmastonmuutos eri skenaarioiden mukaan etenee Suomessa. Oppaan ilmastonmuutosta koskeva osuus perustuu Ilmatie-

teen laitoksen, Suomen ympäristökeskuksen ja muiden tutkimuslaitosten julkaisuihin. Lisäksi Suomen ympäristökeskus ja Ilmatieteen laitos ovat antaneet arvokasta asiantuntijatukea oppaan ilmastonmuutosta koskevaan osuuteen.

Oppaan käsikirjoituksesta ovat keväällä 2024 antaneet lausuntonsa Afry Finland Oy, Granlund Oy, Talotekninen teollisuus ja kauppa ry, Ramboll Finland Oy ja Sustera Group. Elokuussa 2024 oppaan käsikirjoitukseen on saatu kehitysehdotuksia työryhmältä, jonka työn fasilitoinnista on vastannut Mikko Koskivuori Afry Finland Oy:stä:

Afry Finland Oy	Mikko Koskivuori
CapMan Real Estate Oy	Anna Rannisto
Naava Partners Oy	Esa Salminen
Newsec Property Asset Management Finland Oy	Silja Nopanen
OP Kiinteistösijoitus Oy	Ellen Lindholm
Rakennusteollisuuden Koulutuskeskus RATEKO	Meri Hietala
Sweco Finland Oy	Kari Nöjd
Sweco Finland Oy	Teemu Vanha-Viitakoski
Terveet Talot Oy	Petri Annila

Rakennusteollisuuden Koulutuskeskus RATEKO on tilannut oppaan osana Taksonomian jalkautushanketta. Hanke on saanut rahoitusta ympäristöministeriön Vähähiilisen rakennetun ympäristön ohjelmasta, jonka rahoitus tulee EU:n kertaluonteisesta elpymisvälineestä (Recovery and Resiliense Facility, RRF). Hankkeen omarahoitusosuudesta ovat vastanneet Rakennusteollisuuden Koulutuskeskus RATEKO ja Talonrakennusteollisuus ry.

Rakennusteollisuuden Koulutuskeskus RATEKO kiittää kaikkia työhön osallistuneita ja työtä tukeneita!

1 JOHDANTO

1.1 Oppaan tarkoitus ja tavoitteet

Opas rakennukseen kohdistuvien ilmastoriskien ja sopeutumisratkaisujen arvioimiseksi kuvaa riskien tarkastelun ja varautumistoimenpiteiden suunnittelun hyvät käytänteet. Opas on siltä osin tarkoitettu etenkin ilmastoriskien arviointityötä tekeville asiantuntijoille. Oppaan lopussa oleva tilaajan ohje tukee ilmastoriskien arviointityön tilaamista, ja liitteessä 3 olevaan EU-taksonomian soveltamista koskevaan lukuun on koottu suosituksia siitä, kuinka ilmastonmuutokseen sopeutumista koskevat taksonomian vaatimukset on mahdollista täyttää. Oppaan ilmastonmuutosta ja ilmastoriskejä koskeva tietosisältö sopii edellä mainittujen kohderyhmien lisäksi myös kaikille muille rakennusten ja rakennetun ympäristön parissa työskenteleville.

Oppaan tavoitteena on yhdenmukaistaa ilmastoriskien ja sopeutumisratkaisujen arviointia. Opas on laadittu rakennuskohtaisten ilmastoriskien ja sopeutumisratkaisujen arviointia varten, mutta sitä voi soveltuvin osin hyödyntää myös muuta rakennettua ympäristöä uhkaavien ilmastoriskien ja sopeutumisratkaisujen arvioinnissa.

Oppaan keskiössä ovat pientaloja suuremmat rakennukset. Oppaassa esitetyt periaatteet ovat kuitenkin skaalattavissa. Niitä voi soveltuvin osin hyödyntää arvioitaessa pientaloja koskevia ilmastoriskejä ja sopeutumisratkaisuja. Oppaan periaatteet skaalautuvat myös toiseen suuntaan, sillä niitä voi soveltuvin osin hyödyntää myös aluetasoisten ilmastoriskien arvioinnissa ja kaavatasolla tehtävien sopeutumisratkaisujen suunnittelussa.

Oppaan luvussa 3 kuvataan ilmastoriskien ja sopeutumisratkaisujen arvioinnin työvaiheet. Työvaiheiden sisältöä avataan luvuissa– 4–6. Luvussa 7 käydään läpi, millaista monitieteistä osaamista ilmastoriskien arviointia tekevältä henkilöltä tai työryhmältä edellytetään. Oppaan liitteeseen 1 on ilmastoriskien arvioinnin tueksi koottu katsaus siitä, kuinka ilmastonmuutos eri skenaarioiden mukaan etenee Suomessa.

1.2 Taustaa oppaassa käsiteltävälle arvioinnille

1.2.1 Arviointi osana hyvää kiinteistönpitoa

Rakennuksen ilmastoriskien ja sopeutumisratkaisujen arviointi on tarpeen silloin, kun tavoitteena on

- taksonomian mukaisuutta koskevien vaatimusten täyttäminen
- rakennuksen arvon säilyttäminen tai parantaminen
- rakennuksen suunnittelu tulevia ilmastorasituksia kestäväksi
- korkea käyttöaste ja käyttäjätyytyväisyys
- kustannustehokas kiinteistönpito ja pitkän aikavälin ylläpitosuunnittelu (PTS).

Arviointi voi olla tarpeen myös esimerkiksi seuraavissa tilanteissa:

- ympäristöluokituksen, kuten Breeam, Leed, Rakennustiedon YL, saavuttaminen
- ilmastoriskien raportointi TCFD- tai IFRS-kehikon mukaisesti
- kiinteistökauppa, vuokraus tai rahoitusjärjestelyt.

EU-taksonomian ympäristötavoitteet edellyttävät taksonomialuokitusta tavoittelevilta kiinteistö- ja rakennusalan (kira-alan) toimijoilta ilmastonmuutokseen varautumista. Tämä tarkoittaa mm. sitä, että rakennuksiin kohdistuvat ilmastoriskit ja sopeutumisratkaisut on arvioitava, mikäli tavoitteena on taksonomialuokitus. Kun ilmastoriskien arviointi ja siihen pohjautuvat johtopäätökset ja jatkotoimenpiteet tehdään huolellisesti, tuetaan samalla myös rakennuksen hyvää kiinteistönpitoa.

1.2.2 Ilmastonmuutos, riskit ja niihin varautuminen

Ilmastoriski tarkoittaa ilmastonmuutoksen suorista tai välillisistä vaikutuksista aiheutuvia riskejä, jotka voivat kohdistua esimerkiksi taloudelliseen toimintaan. Kira-alaan kohdistuvat ilmastoriskit ovat usein ketjuuntuneita, eli rakennuksiin tai muuhun rakennettuun ympäristöön kohdistuvat haitat ovat seurausta peräkkäisistä toisiinsa kytkeytyvistä tapahtumista.

Yksittäiseen rakennukseen voi kohdistua esimerkiksi seuraavanlainen ketjuuntunut ilmastoriski: ilmastonmuutoksen myötä ilmenevä erittäin voimakas rankkasade aiheuttaa hulevesitulvan, joka voi aiheuttaa rakennuksen kellariin vesivahingon, jonka vuoksi kellariin asennetut sähkölaitteet voivat vaurioitua.

Riskin merkittävyys riippuu haitallisen tapahtuman todennäköisyydestä ja vaikutuksista.

Ketjuuntuneiden riskien arviointi vaatii kokonaisvaltaista lähestymistapaa, jossa huomioidaan ketjuuntuneiden haitallisten tapahtumien todennäköisyydet ja se, kuinka suurta vahinkoa ketjureaktiosta voi aiheutua riskin kohteena olevalle toiminnalle.

Vesivahinkoesimerkissä sähkölaitteiden vaurioitumisriskin merkittävyyttä arvioidaan huomioimalla rankkasateen, hulevesitulvan, kellariin kohdistuvan vesivahingon ja siitä seuraavan sähkölaitteiden kastumisen todennäköisyydet ja se, kuinka vahingollista sähkölaitteiden vaurioituminen olisi.

Sopeutumisratkaisut ovat käytännössä ehdotuksia toimenpiteistä, joilla riskejä pyritään vähentämään tai poistamaan.

Ilmastoskenaariot ja päästöskenaariot ovat tärkeitä työkaluja ilmastonmuutoksen ja sen vaikutusten ennustamisessa.

Ilmastoskenaario kuvaa mahdollista tulevaisuuden ilmastoa tietyissä olosuhteissa, kun taustalle oletetaan tietynlainen ihmisen aiheuttama päästöskenaario, kuten esim. RCP (Representative Concentration Pathway).

RCP-skenaariot on nimetty niiden säteilypakotearvojen mukaan, jotka ne saavuttavat vuoteen 2100 mennessä (esim. RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 ja RCP8.5). Skenaariot perustuvat kansainväliseen yhteistyöhön, ja niitä päivitetään säännöllisesti. (Ilmatieteen laitos 2024.)

2 TARKASTELTAVAT ILMASTORISKIT

Tässä oppaassa kuvatun tarkastelun lähtökohtana on taulukko 2.1, joka vastaa EU:n taksonomialainsäädännössä esitettyä ilmastoon liittyvien uhkien taulukkoa. Taulukossa ilmastoriskit on jaettu kroonisiin ja akuutteihin. Edelleen riskit on jaoteltu neljään pääryhmään, joiden alla ovat lämpötiloihin, tuuleen, veteen ja maaperään liittyvät ilmastoriskit.

Kun ilmastoriskien arvioinnin kohteena on yksittäinen rakennus, voi taulukossa listattujen ilmastoriskien yhdistäminen olla perusteltua. Suomessa yksi tyypillinen esimerkki ilmastoriskien yhdistämisestä on viistosaderasituksen jälkeen tapahtuva jäätyminen.

Taulukko 2.1 Tarkasteltavat ilmastoriskit (lähde: EU 2021/2139 liitteen 1 lisäys A).

	Lämpötilaan liittyvät	Tuuleen liittyvät	Veteen liittyvät	Maamassoihin ja maaperään liittyvät
Krooniset	Lämpötilan muutokset (ilma, makea vesi, merivesi)	Tuuliolojen muutokset	Sadeolojen ja -tyyppien muutokset (vesisade, raekuurot, lumi- tai jäätävä sade)	Rannikon eroosio
	Lämpökuormitus		Sademäärien tai hydrologinen vaihtelu	Maaperän huonontuminen
	Lämpötilan vaihtelut		Valtamerten happamoituminen	Maaperän eroosio
	Ikiroudan sulaminen		Meriveden intruusio	Vettyneen rinnemaan valuminen
			Merenpinnan kohoaminen	
			Vesistressi	
Akuutit	Lämpöaalto	Hirmumyrsky, hurrikaani, taifuuni	Kuivuus	Lumivyöry
	Kylmyysaalto / halla / pakkanen	Myrsky (myös lumimyrskyt, pöly- ja hiekkamyrskyt)	Voimakas sade (vesisade, raekuurot, lumi- tai jäätävä sade)	Maanvyörymä
	Maastopalo	Pyörremyrsky	Tulva (rannikko-, joki-, hulevesi- ja pohjavesitulva)	Maansortuma
			Jäätikköjärven purkautuminen	

Yksittäistä rakennusta tai sen käyttäjiä uhkaavien ilmastoriskien todennäköisyys riippuu ilmastonmuutoksen etenemisestä ja rakennuksen sijainnista. Ilmastoriskien tarkastelun tueksi on liitteeseen 1 koottu katsaus siitä, kuinka ilmastonmuutos eri skenaarioiden mukaan etenee Suomessa. Liitteen 1 luvut etenevät taulukon 2.1. mukaisesti.

Osa taulukossa 2.1 esitetyistä riskeistä on Suomessa harvinaisia. Nämä on merkitty taulukkoon sinisellä värillä ja esitelty liitteessä 1 lyhyemmin kuin riskit, jotka ovat Suomessa yleisempiä. Harvinaisiakaan ilmastoriskejä ei voi jättää täysin ilmastoriskien arvioinnin ulkopuolelle, vaan arvion suorittajan tulee aina arvioida, koskeeko kyseinen ilmastoriski arvioinnin kohteena olevaa rakennusta tai aluetta.

3 RISKITARKASTELUN SUORITTAMINEN

3.1 Tarkastelun työvaiheet

Ilmastoriskien ja sopeutumisratkaisujen arviointi on luonteeltaan asiantuntijaosaamista vaativa riskitarkastelu, jonka tavoitteena on tunnistaa ja analysoida riskejä ja antaa toimenpide-ehdotuksia riskien hallitsemiseen tai poistamiseen. Varsinaista riskitarkastelua on edeltänyt määrittely- ja tilausvaihe, jossa on päätetty riskitarkastelun tavoitteet ja -kohde ja käynnistetty riskien arviointi.

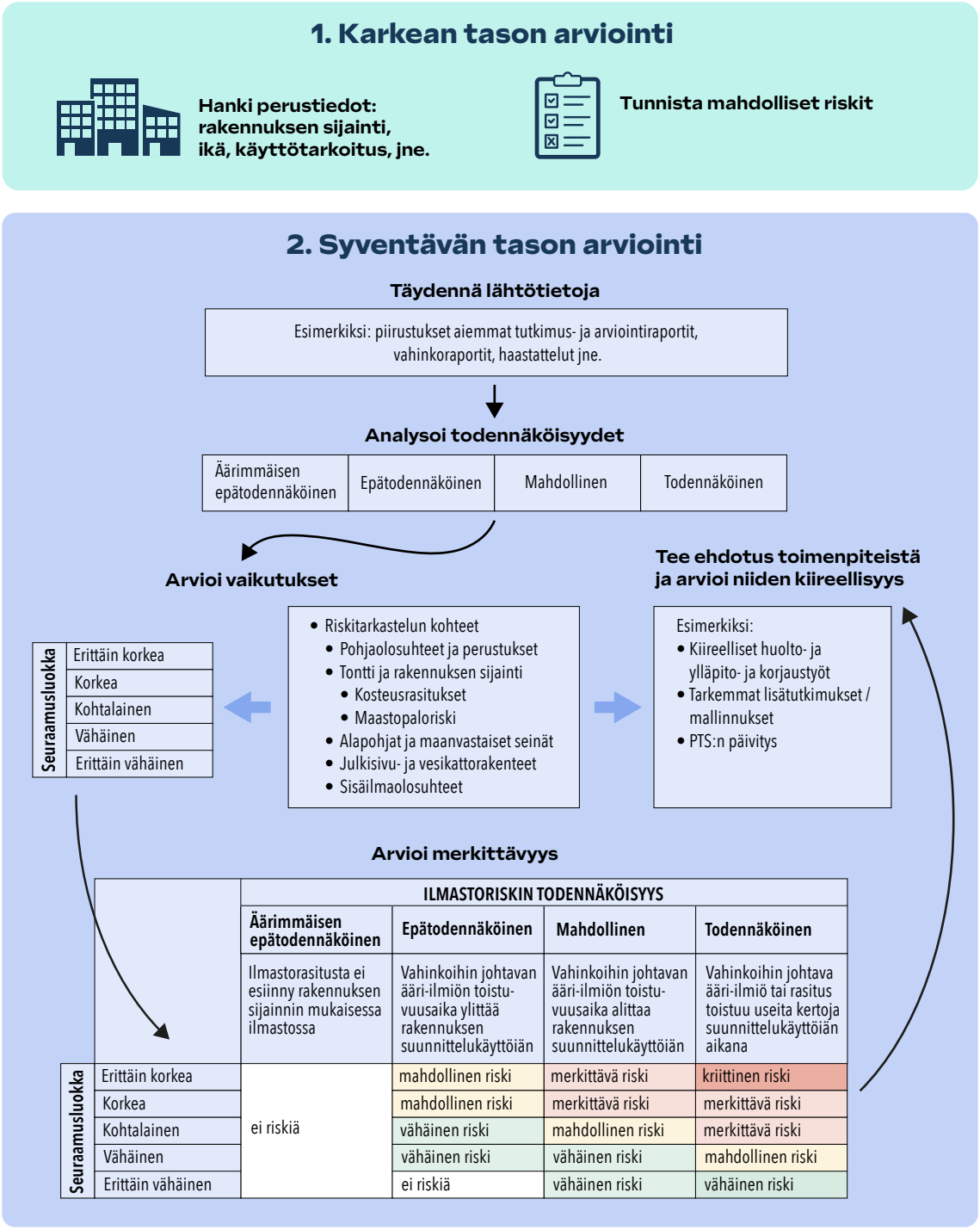
Riskitarkastelu voidaan jakaa karkean ja syventävän tason tarkasteluihin. Karkean tason tarkasteluun sisältyy kohteen perustietojen hankkiminen ja mahdollisten ilmastoriskien tunnistaminen. Karkeassa tarkastelussa on tavoitteena lisäksi tunnistaa avainkysymyksiä, joiden avulla syventävää tarkastelua pystytään kohdentamaan.

Syventävä tarkastelu jakautuu useisiin työvaiheisiin: Lähtötietojen täydentämistä koskeva työvaihe on tärkeä, koska lähtötietojen kattavuus vaikuttaa ilmastoriskien arvioinnin tarkkuuteen ja laatuun. Ilmastoriskien todennäköisyyden analysointia koskevassa työvaiheessa asiantuntija tarkastelee ilmastonmuutoksen etenemistä koskevia skenaarioita ja skenaarioiden vaikutuksia niihin uhkiin, jotka voivat koskea tarkasteltavana olevaa kohdetta, kuten rakennusta ja sen käyttäjiä.

Seuraavassa vaiheessa asiantuntija arvioi, millaisia haitallisia vaikutuksia tai seuraamuksia ilmastoon liittyvistä uhkista voi aiheutua. Rakennuspaikka, rakennus ja sisäilmasto käydään systemaattisesti läpi. Kun eri ilmastoriskien todennäköisyydet ja vaikutukset ovat selvillä, voidaan todeta, kuinka merkittäviä eri ilmastoriskit ovat.

Ilmastoriskien sopeutumisratkaisujen arviointi tarkoittaa asiantuntijan tekemää toimenpide-ehdotusten listaa. Toimenpide-ehdotusten yhteyteen asiantuntija kirjaa niiden kiireellisyyttä koskevan tiedon. Kriittiseksi todetut ilmastoriskit edellyttävät lähtökohtaisesti välittömiä toimenpiteitä ja merkittävät ilmastoriskit kiireellisiä toimenpiteitä. Osa toimenpiteistä on sellaisia, että ne voidaan suositella toteutettavaksi seuraavan peruskorjauksen yhteydessä. Toimenpiteiden aikataulutukseen voi vaikuttaa myös esimerkiksi taksonomialuokituksen tavoittelu.

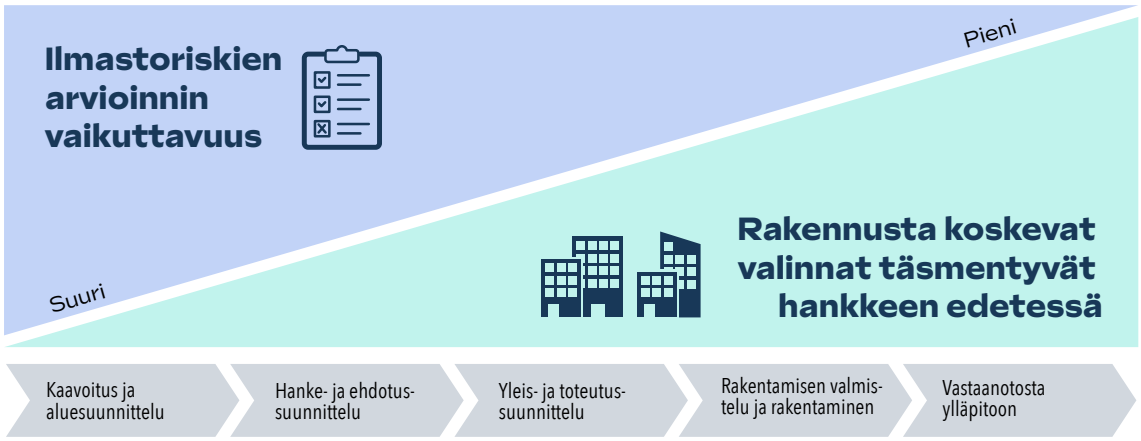
Kuvaan 3.1 on koottu riskitarkastelun työvaiheet ja kunkin työvaiheen tulokset. Työvaiheiden sisältöä on avattu tarkemmin luvuissa 4–6.



Kuva 3.1. Kiinteistöportfoliota koskevan riskitarkastelun työvaiheet ja kunkin työvaiheen tulokset

3.2 Riskitarkastelun ajoitus ja sen ohjausvaikutus

Ilmastoriskien tarkastelu eroaa merkittävästi suunnitteilla olevassa kohteessa ja olemassa olevassa rakennuskannassa. Tämä koskee erityisesti sopeutumistoimia ja varautumisen mahdollisuuksia. Hyvin varhaisessa vaiheessa suunnitteilla olevassa kohteessa voidaan tehdä alue- ja tonttitason tarkasteluja, ja niillä voidaan varautua monien ilmastorasitusten vähentämiseen ja siten niistä aiheutuvien riskien tai haavoittuvuuksien toteutumisen minimointiin. Olemassa olevassa rakennuskannassa ilmastoriskien tarkastelu on enemmän toteavaa ja sopeutumiskeinot oleellisesti rajallisempia. Toimet liittyvät näissä monesti tutkimustarpeisiin ja peruskorjauksissa huomioitaviin asioihin.

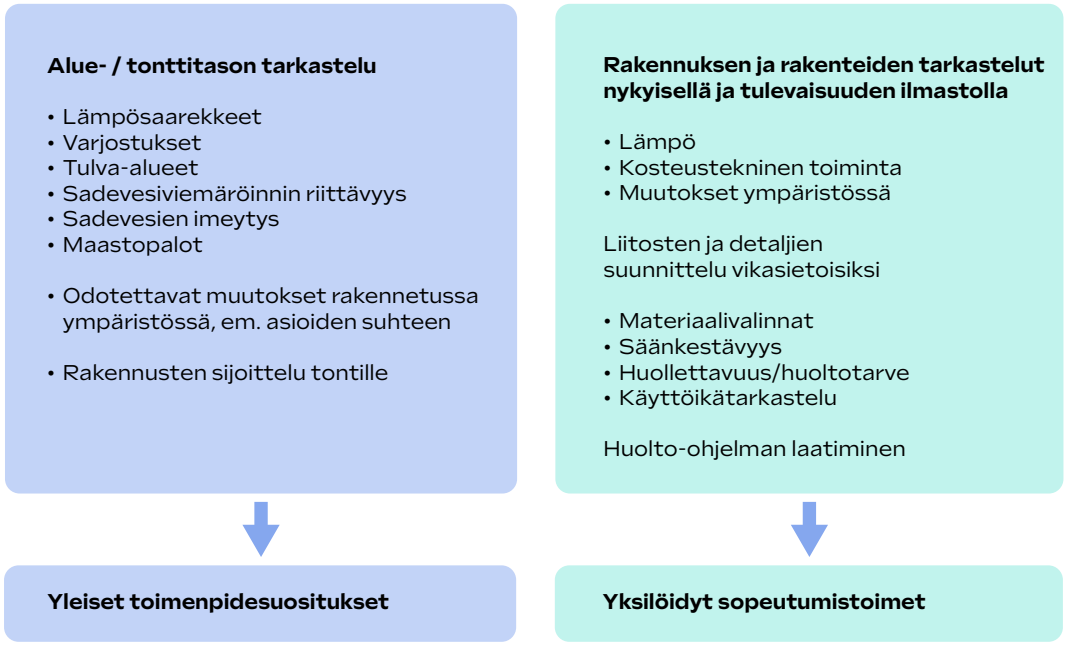


Kuva 3.2. Ilmastoriskien arvioinnin vaikuttavuus

On suositeltavaa, että ilmastoriskien ja sopeutumisratkaisujen arviointi on vahvasti mukana ohjaamassa kaavoitusta, aluesuunnittelua ja rakennuksen hankesuunnittelua. Tällöin arviota voidaan käyttää ohjaamaan hankkeen sisältöä. Jos ilmastoriskien arviointi aloitetaan vasta rakennushankkeen toteutussuunnitteluvaiheessa, ovat arvioinnin tulokset todennäköisesti vain toteavia, koska rakennusta ja sen tekniikkaa koskevat valinnat on jo suurelta osin lyöty lukkoon. Ilmastoriskien arvioinnin vaikuttavuutta lisää aktiivinen yhteistyö rakennushankkeen eri osapuolten ja varsinkin eri suunnittelualojen asiantuntijoiden kesken.

3.3 Suunnitteilla oleva rakennushanke

Suunnitteilla olevassa rakennushankkeessa kerralla tarkasteltavia rakennuksia on yleensä yksi tai muutama. Alue- ja korttelitason tarkastelut ovat usein laajempia kokonaisuuksia. Suunnitteilla oleva rakennushanke voidaan jakaa karkeasti alue- ja tonttitason tarkasteluun sekä rakennustason tarkasteluun (ks. kuva 3.3).



Kuva 3.3. Suunnitteilla olevan rakennushankkeen alue-, tontti- ja rakennustason tarkastelut.

3.3.1 Alue- ja tonttitason tarkastelu

Alue- ja tonttitasolla tarkastellaan rakennusten sijoittamista tonteille ja kortteleihin. Tarkastelussa tulee ottaa huomioon erilaiset tulvatyypit ja se, miten ne mahdollisesti ilmenevät suunnitellussa rakennetussa ympäristössä. Rankkasateesta aiheutuvien kaupunkitulvien kannalta oleellisena asiana on sadevesien hallinta alue- ja tonttitasolla. Sadevesiviemäröinti tulee mitoittaa pahimpien skenaarioiden mukaan. Jos sadevesi on tarkoitus imeyttää maastoon, pitää ottaa huomioon myös se, että kaupunkirakenne saattaa tulevaisuudessa muuttua ja alueet tulla vettä heikommin läpäiseviksi. Lisäksi alueen ja rakennuksen sijaintia metsän tai laajan puiston välittömässä läheisyydessä tulee tarkastella maastopalojen riskin näkökulmasta.

Alue- ja tonttitasolla tulee tarkastella kortteleiden ja rakennusten saamaa auringonpaistetta ja varjostuksia. Korkeat avonaisella paikalla olevat rakennukset saavat enemmän auringonpaistetta kuin matalat ja varjoisalla paikalla olevat rakennukset. Varjostukseen vaikuttavat mm. rakennusten korkeudet, rakennusten keskinäiset etäisyydet eri ilmansuunnissa, puusto, puuston korkeus sekä avonaiset alueet, kuten puistot ja kadut. On tarkasteltava myös skenaarioita, joissa kaupunkirakenne muuttuu. Muutoksia arvioitaessa tulee ottaa huomioon ennakoitavat ja tavanomaiset muutokset. Esimerkiksi vanhoja isoja puita voidaan jossakin vaiheessa rakennuksen elinkaarta joutua korvaamaan. Uuden istutettavan puun varjostusvaikutus tai vaikutus lämpösaarekkeisiin on varsin rajallinen hyvin pitkään.

Kasvien lämpösaareketta hillitsevä vaikutus ei liity pelkästään varjostuksiin. Kasvit, erityisesti puut ja muut isot viherkasvit, sitovat lämpöenergiaa haihduttamalla vettä vesihöyryksi. Sillä on varjostuksen lisäksi tuntuva vaikutus kaupunkialueiden lämpösaarekkeisiin.

Vastaavasti alue- ja tonttitasolla voidaan vaikuttaa myös rakennusten eri osien saamaan viistosaderasitukseen. Puusto, muut rakennukset, tiestö ja maastonmuodot vaikuttavat kukin siihen, millainen mikroilmasto rakennuksen läheisyydessä on, ja erityisesti siihen, millä voimakkuudella sekä mistä suunnasta tuuli pääsee ohjaamaan sadevettä pystypinnoille.

Kaupunkien keskustoissa rakennetussa ympäristössä on tunnistettu lämpösaarekeilmiö, jonka merkitys korostuu ilmaston muuttuessa, ja se tulee myös kiinteämmäksi osaksi suunnittelua. Lämpösaarekkeita voidaan pienentää esimerkiksi viheralueilla ja kasvillisuudella sekä varjostavilla elementeillä. Lämpösaarekkeiden tarkastelu ja välttäminen on oleellista aluetason suunnittelussa.

Alue- ja tonttitason tarkastelussa voi hyödyntää muun muassa seuraavia aineistoja:

- Tulvariskialueet (2021)
- turvalliset rakentamiskorkeudet
  - Esimerkiksi Turvalliset rakentamiskorkeudet Helsingin rannoilla vuosina 2020, 2050 ja 2100. (Helsingin kaupunki 2019)
- Ilmatieteen laitos: Alimmat suositeltavat rakentamiskorkeudet Suomen rannikolla
- Ilmatieteen laitos: Jäähdytyksen mitoituspäivät
- Ilmatieteen laitos: Rakennusten energialaskennan ilmastolliset testivuodet
- Ilmatieteen laitos: Rakennusfysiikan mitoitusvuodet
- kaupunkien julkaisemat paikkatietoaineistot lämpösaarekkeista sekä tuuli-, tulva- ja maaperäriskeistä
- Geologian tutkimuskeskus: Maankamara-karttapalvelu.

3.3.2 Rakennustason tarkastelu

Rakennustason tarkastelussa lähtökohtana ovat rakennetun ympäristön alue- tai tonttitason suunnitelmat sekä rakennuksen vaativuusluokka. Tulevaisuuden ilmastossa rakennusten lämpökuormituksen ennustetaan olevan oleellisesti nykyistä merkittävämpää. Yksityiskohtaisemmat simuloinnit ja laskentatarkastelut voidaan tehdä osana rakennuksen suunnittelua ja riskiarviota, mutta mikäli näin ei ole toimittu, tulee simulointeja ja laskentatarkasteluja suositella sopeutumisratkaisuiksi, mikäli riski lämpökuormituksesta nousee esiin rakennustason tarkastelussa.

Rakennuksen mahdolliset energia- ja olosuhdesimuloinnit tulee tehdä nykyisen ilmastodatan lisäksi ennustetulla tulevaisuuden ilmastodatalla, jotta lämpöolosuhteista rakennuksen eri osissa saadaan hyvä käsitys ja ilmanvaihto, lämmitys ja jäähdytys voidaan mitoittaa tarpeen mukaan. Simuloinnissa tulee ottaa huomioon myös rakennetun ympäristön oletetut muutokset mm. varjostuksessa.

Ulkoseinien, yläpohjan ja alapohjan rakenteiden rakennusfysikaalisessa suunnittelussa mahdolliset laskennalliset tarkastelut tulee tehdä nykyilmaston lisäksi ennustetulla tulevaisuuden ilmastodatalla. Rakenteet tulee suunnitella kosteusteknisesti toimiviksi koko niiden elinkaaren ajalle. Tämän takia ilmastoennusteiden käyttö laskentatarkasteluissa on usein tärkeää. Rakenteiden materiaalivalinnoissa sekä yksityiskohtien ja liitosten suunnittelussa tulee tarkastella vikasietoisuutta. Tämä tarkoittaa, että jos rakenteen sisään jostakin syystä pääsee kosteutta, sen pitää päästä myös poistumaan ilman, että rakenteeseen tulee kasvavaa kosteuskertymää tai muuta haittaa.

Rakenteilla ja rakennusmateriaaleilla on usein erilaisia käyttöikiä. Tyypillisesti erilaiset säärasitukselle alttiit tiivistykset vanhenevat ilmastorasitusten vuoksi noin 15–20 vuodessa, mutta esimerkiksi tiilimuurin käyttöiän lähtökohta on 100 vuotta. Käyttöikien mukaisesti rakennusosien vaihdettavuus ja huollettavuus tulee tehdä mahdollisimman helpoksi. Tämä tarkoittaa myös perusteellisen huoltoohjelman laatimista rakennukselle. Huoltovälit eivät yleensä ole vakioita koko rakennuksen tai rakenteen elinkaaren ajan: vanhassa rakennuksessa ja kovassa ilmastorasituksessa huoltotiheys ja huollon merkitys ovat erilaiset kuin uudessa.

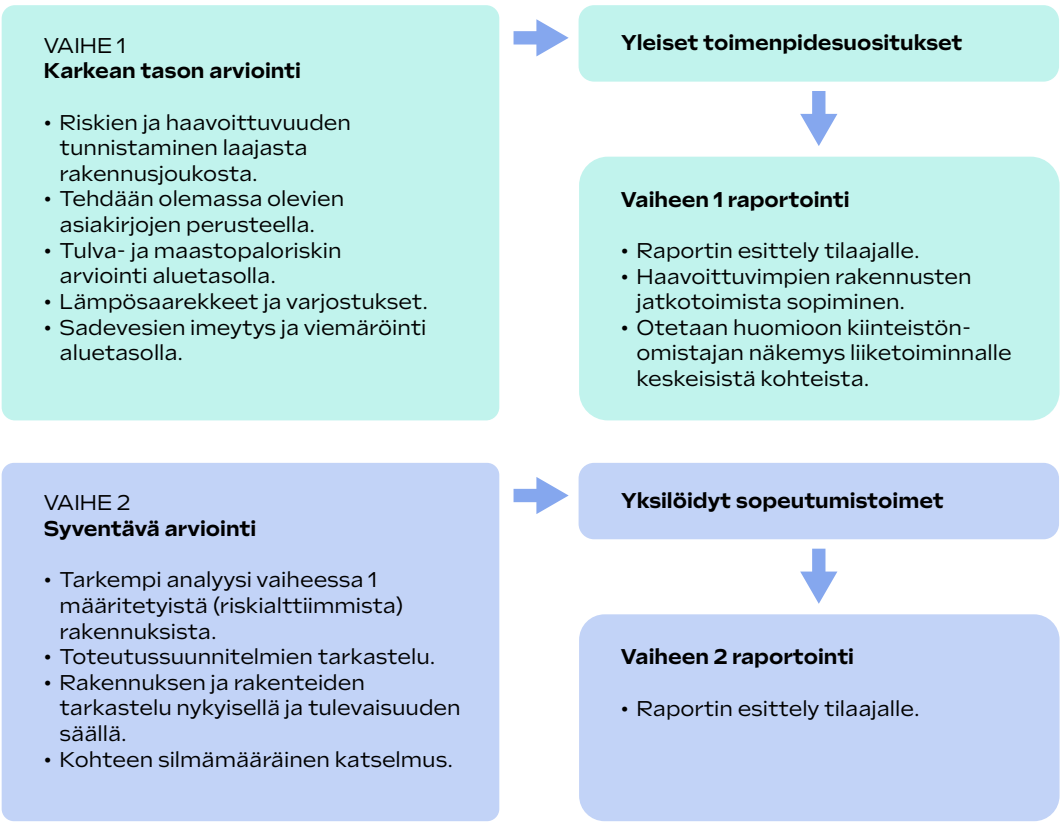
Rakennustason tarkasteluun liittyviä ohjeita on muun muassa seuraavissa julkaisuissa:

- Suomen rakentamismääräyskokoelma *https://ym.fi/rakentamismaaraykset*
- Asumisterveysasetus (545/2015)
- Ympäristöministeriön ohje rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta (2020)
- RT 18-10922 Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitojaksot
- RIL 107-2022 Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet
- by 57 Eriste- ja levyrappaus 2016
- by 64 Tuulettuvat julkisivut 2021
- RT 103614 Terve Talo. Suunnittelualakohtainen tarkastuslista rakennusosittain
- Ilmatieteen laitos: Rakennusfysiikan mitoitusvuodet 2022.

3.4 Olemassa oleva rakennuskanta

Olemassa olevan rakennuskannan tarkastelussa kiinteistön omistajalla on tyypillisesti useampia rakennuksia, joihin on tarve tehdä ilmastoriskien tarkastelu. Tällöin rakennukset on usein perusteltua tarkastaa vaiheittaisesti tarkentuvana (ks. kuva 3.4). Tarkentuvan tarkastelun kautta resursseja voidaan ensimmäisenä kohdistaa kiinteistökannan keskeisimpiin rakennuksiin.

Valittaessa rakennuksia karkean tarkastelun jälkeen tarkempaan arviointiin tulee teknisten näkökulmien lisäksi ottaa huomioon kiinteistönomistajan näkemys. Liiketoiminnallisista tai muista syistä osa rakennuksista voi olla merkityksellisempiä, jolloin niihin keskittyminen voi olla perusteltua, vaikka niissä karkean arvion mukaan olisi alhaisempi riskitaso.



Kuva 3.4. Olemassa olevien rakennusten ilmastoriskien tarkentuva arviointi

3.4.1 Karkean tason arviointi

Karkean tason arvioinnissa päätavoitteena on tunnistaa suuremmasta rakennusjoukosta ilmastoriskien näkökulmasta haavoittuvat tai riskialttiit kohteet, joille tehdään täsmällisempi tarkastelu. Oleellista on myös tunnistaa kohteet, joissa tarkemmalla tarkastelulla voidaan todentaa tai poissulkea mahdollisia yksittäisiä haavoittuvuuksia ja riskejä. Karkean tason arviointi tehdään asiakirjojen perusteella. Yksinkertaisimmillaan lähtötiedoiksi riittävät kohteen osoite sekä Internetistä saatavat kartta- ja kuva-aineistot. Toimeksiantajalle kannattaa kuitenkin esittää tietopyyntö myös tarkemmista asiakirjoista, koska osasta kiinteistöjä lisätiedot ovat helposti saatavilla. Usein arvioinnin tekijälle voidaan jopa jakaa sähköisesti katseluoikeus aineistoihin.

Lähtötietopyyntöön suositellaan sisällyttämään maininta seuraavista asiakirjoista:

- kohteen suunnitelma-asiakirjat
- kuntoarvio- ja kuntotutkimusraportit
- alueelliset tulva- ja maastopaloriskitiedot
- valokuvat kohteista ja niiden ympäristöistä
- lähtötietokyselyt kiinteistön omistajalle
- huoltokirjamerkinnät, kiinteistön kulutustiedot yms.

Suositeltua lähtötietoaineistoa on käsitelty tarkemmin omassa luvussaan.

Asiakirjatarkastelussa lähtökohtana on luvussa 4 esitetyt muistilistat. Muistilistoja voidaan hyödyntää sekä karkean että syventävän tason arvioinneissa. Eri vuosikymmenillä on käytetty lukuisia erilaisia rakenteita ja rakennusmateriaaleja, joista löytyy tietoa esimerkiksi Rakennustiedon julkaisemasta Kerrostalot-kirjasarjasta. Suomen rakennuskannan muutoksia sekä rakenteiden vaurioitumista on tarkasteltu esimerkiksi seuraavissa lähteissä:

- Rakennustieto: Kerrostalot-kirjasarja
- Pitkäranta, M. (toim.) 2016. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus.

- Annila, P. 2022. Detecting moisture and mould damage in Finnish public buildings.
- Lahdensivu, J., Köliö, A., Pakkala, T., Lemberg, A.M., Eronen, M. 2021. Muurattujen ja rapattujen julkisivujen kuntotutkimus 2021.
- Lahdensivu, E. 2022. Betonielementtikerrostalojen julkisivujen ja parvekkeiden vaurioituminen 1990-luvun rakennustuotannossa.
- Lahdensivu, J. 2012. Durability properties and actual deterioration of Finnish concrete facades and balconies.

3.4.2 Syventävä arviointi

Syventävän tarkastelun tavoitteena on tunnistaa yksittäisten rakennusten rakenneosakohtaisia haavoittuvuuksia ja riskejä, jotta rakennuksille on mahdollista määrittää täsmällisempiä sopeutumiskeinoja ja toimenpiteitä.

Syventävä arviointi tehdään rakennuksista, jotka on karkeassa arviossa todettu ilmastoriskien näkökulmasta haavoittuvimmiksi tai valittu tarkasteluun muista syistä. Tarkastelu tehdään toteutussuunnitelmien sekä kohteesta tehtyjen kuntoarvio- ja/tai kuntotutkimusraporttien perusteella. Tarkastelussa on oleellista käydä läpi rakenteiden toteutussuunnitelmat erityisesti erilaisten liitosten ja yksityiskohtien osalta, sillä rakennusvaiheen aikana tulee usein muutoksia suunnitelmissa mainittuihin materiaaleihin sekä toteutukseen. Tyypillisiä muutoksia ovat esimerkiksi rapatun kuorimuurin vaihtuminen ohut- tai paksurappaus-eristejärjestelmään sekä pihakannen tai kattoterassin vedeneristyksen toteutustavan vaihtaminen. Tästä syystä on oleellista tehdä keskeisten rakenneosien silmämääräinen tarkastelu paikan päällä.

Vanhemmassa rakennuskannassa on harvoin jäähdytystä tai viilennystä. Rakennuksissa, joissa tiedetään kesäkuukausina oleskelevan vanhuksia, lapsia tai muita korkeista lämpötiloista kärsiviä riskiryhmään kuuluvia henkilöitä, on syytä suorittaa tarvittavat energia- ja olosuhdesimuloinnit nykyisellä ja tulevaisuuden ilmastodatalla. Usein lämpökuormaan liittyvä riski voidaan tunnistaa ilman simulointia, jolloin simulointia on järkevämpää käyttää sopeutumisratkaisujen määrittämisen työkaluna, ei yksin esiintyvän riskin toteamiseen.

Syventävässä arvioinnissa käytetään apuna luvun 4 muistilistoja.

4 RISKITARKASTELUN KOHTEET

Riskitarkastelussa käydään ilmastoriskien näkökulmasta läpi rakennuspaikka, rakennus, sen rakenteet ja sisäilmasto. Keskeisiä tarkasteltavia asioita ovat

- ilmastorasitukset
- tontti ja rakennuksen sijainti
- hulevesien hallintaan liittyvät järjestelmät
- rakennuksen pohjaolosuhteet ja perustukset
- alapohjat ja maanvastaiset seinät
- julkisivu- ja vesikattorakenteet
- sisäilmasto-olosuhteet.

4.1 Pohjaolosuhteet ja perustukset

Maaperään liittyviä riskejä arvioitaessa tulee tarkastelussa kiinnittää huomiota vähintään seuraaviin asioihin:

- pohjatutkimuksen tulokset ja perustamistapalausunto
- maastonmuodot tontilla ja sen ympäristössä
  - maastonmuotojen jyrkkyys sekä törmien tai muiden merkittävien korkeuserojen esiintyminen
- maaperän ominaisuudet
  - apuna esimerkiksi Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) Maankamara-karttapalvelu
  - saven tai muiden hienojakoisten maa-ainesten esiintyminen
- päällystemateriaalit tontilla ja sen ympäristössä
  - eroosiota kestävien ja veden virtausnopeutta kasvattavien päällysteiden (esim. asvaltti ja betonikiveykset) esiintyminen
  - eroosioherkkien päällysteiden esiintyminen (esim. sorapäällysteet)
- kasvillisuuden määrä ja laatu sekä sen vaikutus eroosioon tai muihin maaperän riskeihin
- hulevesijärjestelmien toimivuus eroosiovaurioiden yhteydessä.

4.2 Tontti ja rakennuksen sijainti

4.2.1 Kosteusrasitukset

Rakennuspaikan kosteudenhallintaa ja tulvariskiä arvioitaessa tulee tarkastelussa kiinnittää huomiota seuraaviin asioihin:

- sijainti tunnetulla vesistö- tai merivesitulva-alueella
  - onko alueella aiemmin esiintynyt tulvaa?
  - onko rakennuksessa kellaritiloja?
- lattian tai kellarin lattian korko suhteessa pihaan ja pohjaveteen
- rakennuksen lattian tai kellarin korko suhteessa katuun ja muuhun ympäristöön
- kellarin vedeneristyksen tai vedenpaine-eristyksen toteutustapa
- rakennuksen salaojat ja salaojien purku (tapa ja korot)
- sadevesiviemäröinnin toteutustapa
- hulevesien imeytys tontilla tai alueella
- hulevesijärjestelmän tulvimiseen varatut alueet
- tiiviit maakerrokset ja pintarakenteet alueella
- katon ja tasojen sadevesien poistotapa
- rakennuspaikan ympäristön valuma-alueet
- perustamistapa ja alapohjan rakennetyyppi sekä näissä käytetyt materiaalit.

4.2.2 Maastopaloriski

Rakennukselle ja tontille aiheutuvaa maastopaloriskiä tarkasteltaessa tulee kiinnittää huomiota vähintään seuraaviin asioihin:

- sijainti hyvin syttymisherkän maastotyypin lähellä
  - kuivahkoilla, kuivilla ja karukkokankailla syttymisherkkyys on suurin
- sijainti korkeaintensiteettisen latvapaloriskin alueella
  - tuoreen kankaan erirakenteisissa metsissä riski on suurin
- mahdollisen palopaikan saavutettavuus
  - vaivalloinen pääsy alueelle lisää riskiä
- luontaisten paloa rajoittavien esteiden (mm. järvet, joet, suot) esiintyminen
- rakennuskannan tiheys ja rakenne
- alueen rakennuskannan julkisivu- ja vesikattomateriaalien palonkestävyys.

Arvioinnissa voi käyttää apuna maastopaloriskin indeksiä (Leminen, 2022).

4.3 Alapohjat ja maanvastaiset seinät

Alapohjia ja maanvastaisia rakennusosia arvioitaessa tulee tarkastella vähintään seuraavia asioita:

- rakennuksen sijainti tunnetulla tulvariskialueella (kaikki tulvamuodot)
- lattian ja perustusten korkeusasema suhteessa tulvavesikorkeuteen
- hule- ja sadevesijärjestelmän toteutuksen periaatteet
  - järjestelmien toimivuus tulvatilanteessa
- vettäläpäisemättömien pinnoitteiden tai täyttökerrosten käyttö rakennuksen välittömässä läheisyydessä
  - perustusten sekä alapohjarakenteen toteutustapa
  - perustamistapa ja mahdollisten paalujen materiaalit
  - perusten materiaali (betoni, luonnonkivi, muuratut rakenteet)
  - alapohjan rakennetyyppi (maanvastainen vai tuulettuva) ja materiaalit (betoni vai puu)
  - kapillaari- ja kosteuskatkojen käyttö
  - maanvastaisten rakennusosien vedeneristysten ja/tai vedenpaine-eristysten toteutustapa
  - vedeneristeen tyyppi (jatkuva vai epäjatkuva)
  - vedeneristeen sijainti
  - ryömintätilan tuuletuksen ja kosteudenhallinnan periaatteet.

4.4 Julkisivu- ja vesikattorakenteet

Julkisivu- ja vesikattorakenteisiin liittyviä riskejä tarkasteltaessa tulee kiinnittää huomiota vähintään seuraaviin asioihin:

- rakennuksen sijainti ja sen alttius säärasitukselle
  - rannikkovyöhyke, suuret sisävesijärvet, muut tuulelle ja viistosateelle alttiit alueet, sisämaa, Lappi
  - ympäröivän rakennuskannan tai puuston ja luonnon tarjoama suojavaikutus
- rakennuksen korkeus ja korkeuden suhde ympäristöön
- rakennuksen ikä
- rakennuksessa käytettyjen viistosade- ja/tai aurinkosuojaratkaisujen toteutusperiaatteet
- julkisivumateriaali ja rakenneratkaisut
  - julkisivun tuulettuvuus
  - julkisivusaumojen tyyppi (avosaumat, tiiviit saumat)
  - julkisivun monimuotoisuus sekä yksityiskohtien toteutustavat ja määrä
- yläpohja- ja vesikattorakenteet

    - kattomuoto ja vedenpoiston toteutustapa
    - katemateriaali (jatkuva vai epäjatkuva)
        - aluskatteen toteutustapa epäjatkuvilla katemateriaaleilla
    - kattokaivojen sijainti ja lukumäärä sekä katon kaatojen suuruus
    - yläpohjan rakennetyyppi (tuulettuva, tuulettumaton tai lievästi tuulettuva)
    - käännettyjen kattojen, pihakansien tai terassien esiintyminen sekä näiden rakenteiden toteutustapa
        - vedenpoiston toteutustapa
- kattomuodon monimuotoisuus sekä yksityiskohtien toteutustavat ja määrä.

Julkisivurakenteiden tarkastelussa voi hyödyntää Julkisivuyhdistys ry:n JUKO-ohjeistokansiota sekä Suomen Betoniyhdistys ry:n BY-kirjoja. Vesikaton tarkastelussa voi hyödyntää Kattoliitto ry:n Toimivat katot -julkaisua.

4.5 Sisäilmasto-olosuhteet

Sisäilmasto-olosuhteita arvioitaessa tulee kiinnittää huomiota vähintään seuraaviin asioihin:

- rakennuksen käyttötarkoitus
    - rakennuksen pääkäyttäjäryhmän herkkyys olosuhdevaihteluille
- rakennuksen maantieteellinen sijainti Suomessa
- rakennuksen julkisivujen pääilmansuunnat
    - säärasitukselle alttiimman julkisivun ilmansuunta
- rakennuksen lähiympäristön rakenne
    - varjostavien ja/tai muulla tavalla suojaavien elementtien (mm. korkeat rakennukset, metsämaasto) esiintyminen
- rakennuksen korkeus
- julkisivu- ja vesikattorakenteen rakennetyyppi
- ikkunapinta-ala sekä passiivisten aurinkosuojaratkaisujen käyttö
- tilojen käyttötarkoituksen ja keskeisten oleskelutilojen sijoittelu
- jäähdytysjärjestelmän toteutustapa ja riittävyys.

5 ILMASTORISKIEN ARVIOINTI

Ilmastoriskien ja sopeutumisratkaisujen arviointi sisältää kaksi eritasoista tarkastelua: karkean tason tarkastelu ja syventävän tason tarkastelu. Tarkasteluihin sisältyvät työvaiheet on kuvattu luvun 3 alussa.

Karkean tason tarkastelussa suoritetaan yleispiirteinen arviointi, jossa tunnistetaan, mitkä ilmastoriskit voivat koskea tarkasteltavaa kohdetta. Jos tarkasteltavana on tavanomainen suomalainen rakennus, moni ilmastoriski jää yleensä suoraan pois tarkemmasta tarkastelusta. Rajaamisessa voi hyödyntää taulukoita 5.1 ja 5.2., jotka ohjaavat jättämään tarkemman tarkastelun ulkopuolelle sellaiset ilmastoriskit, jotka ovat Suomessa epätodennäköisiä tai joiden seuraamukset ovat vähäisiä.

Tarkastelun syventävässä vaiheessa kaikkien mahdollisesti haittaa aiheuttavien ilmastoriskien osalta suoritetaan tarkempi tarkastelu, jossa arvioidaan ilmastoriskin todennäköisyys ja mahdolliset seuraamukset. Näiden kahden vaiheen yhdistelmänä tarkentuu tieto eri ilmastoriskien merkittävyydestä.

5.1 Ilmastoriskien todennäköisyyden analysointi

Tarkempi tarkastelu aloitetaan kunkin ilmastoriskin todennäköisyyttä ja toistuvuutta koskevalla arvioinnilla. Arviointi perustetaan tuoreimpiin ilmastoennusteisiin. Ilmastoriskin ja haitan todennäköisyys arvioidaan neliportaisella asteikolla: äärimmäisen epätodennäköinen, epätodennäköinen, mahdollinen ja todennäköinen. Arviointi suoritetaan vähintään kaikille niille ilmastoriskeille, jotka voivat aiheuttaa merkittävää haittaa tarkasteltavalle kohteelle.

Tarkastelu suoritetaan pitäen silmällä vähintään käynnissä olevaa tai alkavaa elinkaaren vaihetta ja kohteen suunnittelukäyttöikää. Mikäli elinkaaren vaihe tai suunnittelukäyttöikä eivät ole tarkasti tiedossa, suositellaan, että tarkastelu ulotetaan uudiskohteissa vähintään ensimmäiselle 50 vuodelle ja olemassa olevissa rakennuksissa seuraavalle 30 vuodelle. Suositeltava tarkasteluväli voi olla myös merkittävästi pidempi tai lyhyempi, jos peruskorjauksen tiedetään olevan edessä aiemmin. Erityisesti aluesuunnittelua tarkasteltaessa aikavälin pitää olla riittävän pitkä.

Osassa ilmastorasituksista on kyse ääri-ilmiöistä, jotka toistuvat kestoiltaan lyhyinä, ja ilmiön ulkopuolella kyseistä rasitusta ei esiinny lainkaan. Esimerkki tällaisesta rasituksesta on tulvat. Osa ilmastorasituksista aiheuttaa rakennuksille kuitenkin pidempikestoista rasitusta, ja ongelmat voivat syntyä pidemmän aikavälin aikana. Esimerkkejä tällaisesta ovat useat sade- ja kosteusrasitukseen liittyvät ilmiöt, joissa merkittävimpien tai laajempien ongelmien syntymiseen voi kulua jopa vuosia.

Todennäköisyyden arviointiin suositellaan seuraavaa ohjeellista luokittelua:

- Äärimmäisen epätodennäköinen
  - Rasitusilmiötä ei esiinny rakennuksen sijaintipaikan ilmastossa.
- Epätodennäköinen
  - Haitallinen tapahtuma ei ole todennäköinen tarkasteltavan elinkaaren vaiheen aikana.
  - Ilmastorasitukset tai poikkeavat ääriolosuhteet toistuvat yli 50 vuoden välein.
- Mahdollinen
  - Haitallinen tapahtuma voi esiintyä ajoittain tarkasteltavan elinkaaren vaiheen aikana.
  - Ilmastorasitukset toistuvat 10–50 vuoden välein.
- Todennäköinen
  - Haitallista tapahtumaa esiintyy useita kertoja tai toistuvasti rakennuksen elinkaaren vaiheen aikana.
  - Ilmastorasitukset toistuvat 3–10 vuoden välein.

5.2. Vaikutusten ja seurausten arviointi

Tarkastelun seuraavassa vaiheessa arvioidaan kunkin ilmastoriskin aiheuttaman haitan suuruutta ja seuraamusta rakennukselle sekä määritellään tältä pohjalta seuraamusluokka. Arvioinnissa tulee ottaa huomioon vaikutus vähintään seuraaviin kokonaisuuksiin:

- rakennuksen, rakennusmateriaalien ja järjestelmien vaurioituminen tai vikaantuminen
  - lisääntynyt huolto- ja korjaustarve
  - teknisen käyttöiän ja/tai rakennuksen elinkaaren lyhentyminen
- vaikutus infrastruktuuriin
  - infrastruktuurin vaurioituminen
  - infrastruktuurin toimivuuden häiriintyminen tai keskeytyminen
- vaikutus rakennuksen käyttöön, käyttäjien terveyteen sekä käytön turvallisuuteen
  - rakennuksen käytön estyminen tai muun käyttöä haittaavan tekijän tai olosuhteen muodostuminen
- vaikutus sisäilmasto-olosuhteisiin ja terveellisten olosuhteiden ylläpitoon
  - tavoitteiden mukaisten sisäilmasto-olosuhteiden ylläpidon estyminen tai häiriintyminen
- taloudelliset vaikutukset
  - syntyneiden vaurioiden ja vahinkojen korjauskustannukset
  - vaikutus rakennuksen arvoon
  - kohonneet huolto- ja ylläpitokustannukset
- vaikutus kulttuuriarvoon, kulttuuriperinnön säilymiseen, rakennushistorialliseen arvoon
  - kulttuurihistoriallisen arvon tai ominaisuuden menettäminen
  - vaurioituminen, joka pakottaa purkamaan suojeltua tai historiallista rakennetta ja materiaalia
- ympäristövaikutukset
- mainehaitat.

Seuraukset tulee suhteuttaa rakennuksen käyttötarkoitukseen, oletettuun käyttöön ja ominaispiirteisiin. Esimerkiksi sisäilmaston ylilämpenemisen ongelmat ovat merkittävämpiä ympärivuorokautisessa palveluasumisessa kuin kesäkaudella tyhjillään olevassa opetusrakennuksessa, vaikka ilmastoriski koskisi näitä yhtä todennäköisesti. Seurausta arvioitaessa on tärkeä ottaa huomioon myös ilmastoriskin toistuvuus, sillä jos ilmastorasitus toistuu usein, haitallisia seuraamuksia voi olla edessä useita kertoja tarkastelujakson aikana, jolloin haitan suuruuteen tulee laskea mukaan kaikki haittaa lisäävät tapahtumat.

Ilmastoriskien seuraamukset luokitellaan viiteen seuraamusluokkaan: *erittäin korkea, korkea, kohtalainen, vähäinen* ja *erittäin vähäinen*. EU-tason ohjeita (European Commission 2023B) luokitteluun on annettu taulukoituna terveydestä ja turvallisuudesta sekä taloudellisista vaikutuksista. Taulukkoon 5.1. on koottu tekijöitä, jotka vaikuttavat seuraamusluokan määräytymiseen. Vakavimpia uhkia ovat kantavaa runkoa tai useita rakennusosia vaurioittavat ilmastoriskit ja lievimpiä vain pintamateriaaleihin ja -rakenteisiin vaikuttavat tapahtumat. Potentiaalisten vaurioiden laajuus ja näiden vaikutus rakennuksen käyttöön tulee myös arvioida.

Kaikkia ilmastonmuutoksen seuraamuksia ei voida yksiselitteisesti sitoa yksittäiseen rakennukseen tai alueeseen. Esimerkiksi pitkien ja ankarien hellejaksojen tiedetään väestötasolla lisäävän kuolleisuutta, mutta yksittäisen rakennuksen kohdalla henkilövahinkojen määrää tai riskiä on vaikea arvioida. Muuttuvassa ilmastossa hellejaksot kuitenkin yleistyvät ja riski lisääntyy. Tällöin tämä tulee nähdä riskinä yleisesti sellaisissa rakennuksissa, joissa on riskiryhmään kuuluvaa käyttöä tai ylilämmöt aiheuttavat asumisterveysasetuksen tarkoittamaa haittaa. Seuraamusluokan määrittämistä ei voida siis aina perustaa taulukoituihin valmiisiin lukuarvoihin.

Kaikkia syntyneitä vahinkoja ja niiden korjauskuluja ei voida suoraan muuttaa kustannuksiksi ja verrata näitä rakennuksen arvoon. Tämä on tyypillistä esimerkiksi suojeltujen rakennusten kohdalla, jossa vahingon jälkeen uusien materiaalien hankkimis- ja asennuskustannuksella ei voida palauttaa alkuperäistä suojeltua ominaisuutta tai arvoa. Näiden kohteiden arvioinnissa tulisi siten painottaa ky-

seisen menetettävissä olevan rakennusperinnön merkitystä ja ainutlaatuisuutta.

Rakennusten arvo riippuu vahvasti sijainnista, eivätkä alueelliset rakennuskustannusten vaihtelut kumoa sitä. Keskeisellä sijainnilla kasvukeskuksessa olevan kerrostalon korjauskustannus voi olla täysin sama kuin muuttotappioalueella, mutta sijainnin vuoksi korjauksen prosentuaalinen arvo rakennukseen arvoon nähden on täysin erilainen. Vahingon laajuutta ja korjauskustannuksia tulisikin verrata sekä uudisrakennuksen kustannuksiin että yleiseen hintatasoon.

Taulukko 5.1. Seuraamusluokat sekä seuraamusluokan valintaan vaikuttavia kriteereitä.

Seuraamusluokka	Luokan kuvaus
Erittäin korkea	• Useita kuolemantapauksia • Taloudelliset vaikutukset yli 10 % rakennuksen arvosta • Kantavien rakennusosien sortumat tai sortumavaara • Merkittävä vaikutus rakennuksen tai usean rakennusosan tekniseen käyttöikään; käyttöikä lyhenee yli 30 %
Korkea	• Yksittäisiä kuolemantapauksia tai useita pitkäaikaisia vammoja • Taloudelliset vaikutukset 8–10 % rakennuksen arvosta • Merkittävä vaikutus yksittäisen keskeisen rakennusosan käyttöikään; käyttöikä lyhenee yli 30 %
Kohtalainen	• Pitkäaikainen vamma tai sairaus, pitkittynyt hoitotarve, työkyvyttömyys • Taloudelliset vaikutukset 4–8 % rakennuksen arvosta • Vaikuttaa yhden tai useamman rakennusosan käyttöikää lyhentävästi (vaikutus käyttöikään alle 30 %)
Vähäinen	• Menetetty työaika, loukkaantuminen, hoidontarve, lyhytaikainen vaikutus • Taloudelliset vaikutukset 1–4 % rakennuksen arvosta • Ei merkittävää vaikutusta keskeisten rakennusosien pitkäaikaiskestävyyteen • Lyhentää rakennusmateriaalien tai pintarakenteiden käyttöikää ja tihentää huoltovälin tarvetta
Erittäin vähäinen	• Pieni terveyshaitta tai läheltä piti -tilanteet • Taloudelliset vaikutukset alle prosentin rakennuksen arvosta • Ei merkittävää vaikutusta keskeisten rakennusmateriaalien pitkäaikaiskestävyyteen

5.3 Ilmastoriskien merkittävyyden arviointi

Kunkin ilmastoriskin merkittävyys muodostuu mahdollisten haitallisten tapahtumien todennäköisyydestä ja ennakoitujen seuraamusten vakavuudesta. Kun haitallisten tapahtumien todennäköisyydet ja seuraamusluokat on arvioitu, voidaan kullekin ilmastoriskille todeta taulukon 5.2 mukainen riskiluokka. Taulukko 5.2. on laadittu osana käsillä olevan oppaan kirjoitustyötä, ja sen esikuvana ovat olleet ISO 31000 -standardiin pohjautuvat eri toimialojen riskimatriisit.

Taulukko 5.2. Ilmastoriskien merkittävyys.

		Ilmastoriskin esiintymisen todennäköisyys			
		Äärimmäisen epätodennäköinen	**Epätodennäköinen**	**Mahdollinen**	**Todennäköinen**
		Ilmastorasitusta ei esiinny rakennuksen sijainnin mukaisessa ilmastossa.	Vahinkoihin johtavan ääri-ilmiön toistuvuus-aika ylittää raken-nuksen suunnittelu-käyttöiän	Vahinkoihin johtavan ääri-ilmiön toistuvuus-aika alittaa suunnittelu-käyttöiän	Vahinkoihin johtava ääri-ilmiö toistuu usei-ta kertoja suunnittelu-käyttöiän aikana
Seuraamusluokka	Erittäin korkea	ei riskiä	mahdollinen riski	merkittävä riski	kriittinen riski
	Korkea		mahdollinen riski	merkittävä riski	merkittävä riski
	Kohtalainen		vähäinen riski	mahdollinen riski	merkittävä riski
	Vähäinen		vähäinen riski	vähäinen riski	mahdollinen riski
	Erittäin vähäinen		ei riskiä	vähäinen riski	vähäinen riski

Mikäli kohteessa esiintyy kriittisiä tai merkittäviä riskejä, tulee kutakin haitallista ilmastorasitusta vastaan esittää sopeutumisratkaisut eli ehdotukset toimenpiteistä, joilla haittaa saadaan pienennettyä tai se saadaan poistettua kokonaan. Sopeutumisratkaisu voi usein olla myös suositus tarkentaviin laskennallisiin tarkasteluihin, joilla varmistetaan rakennuksen sopeutuminen. Sopeutumisratkaisut suositellaan esittämään myös vähäisempien riskien kohdalla, jos tämä arvioidaan aiheelliseksi.

6 SOPEUTUMISRATKAISUJA JA TOIMENPIDE-EHDOTUKSIA

Sopeutumisratkaisujen arviointi on asiantuntijan laatima toimenpide-ehdotusten lista. Asiantuntija suunnittelee toimenpide-ehdotukset ilmastoriskiarvioinnin pohjalta ja kirjaa kunkin toimenpide-ehdotuksen oheen tiedon tarvittavan toimenpiteen kiireellisyydestä.

Osa toimenpiteistä voidaan suositella toteutettavaksi seuraavan peruskorjauksen yhteydessä. Silloin on esitettävä myös peruskorjauksen ajankohtaa koskeva arvio, esimerkiksi: toimenpide-ehdotukset peruskorjauksen yhteydessä 10 vuoden kuluttua.

Pääsääntöisesti toimenpiteiden kiireellisyys riippuu siitä, kuinka merkittävän tai vakavan riskin poistamiseksi toimenpiteitä tarvitaan. Taulukon 5.2. mukaan kriittiseksi todettu ilmastoriski vaatii lähtökohtaisesti välittömiä toimenpiteitä ja merkittävä ilmastoriski kiireellisiä toimenpiteitä. Mahdollisen tai vähäisen ilmastoriskin osalta toimenpiteiden toteutusaikataulussa on enemmän harkinnan varaan.

Toteutusaikataulu voi perustua riskiarvion johtopäätösten ohella myös kiinteistönomistajan omaan näkemykseen ja tarpeeseen. Toimenpiteiden aikataulutukseen voi vaikuttaa myös esimerkiksi tavoitteena oleva taksonomialuokitus, jota on käsitelty tarkemmin tämän oppaan liitteessä 3.

Sopeutumisratkaisut riippuvat oleellisesti siitä, onko kyse kiinteistön omistajan vai viranomaisten päätäntävaltaan kuuluvista toimista. Kiinteistönomistajan vaikutusmahdollisuudet rajoittuvat tontin rajaan. Kiinteistönomistaja ei voi vaikuttaa esimerkiksi siihen, riittääkö kaupungin hulevesiviemärin mitoitus tulvimistilanteissa tai uusitaanko vanha hulevesiverkosto ilmaston muuttuessa sateisemmaksi.

Olemassa olevan rakennuksen kohdalla sopeutumisratkaisut voidaan jakaa nykyisen rakenteen, järjestelmän tai ratkaisun käyttöikää ylläpitäviin ylläpito- ja huoltokorjaustoimenpiteisiin ja peruskorjauslaajuisiin kattavampiin korjauksiin. Laajemmissa peruskorjauksissa uudisrakentamisen sopeutumisratkaisut ovat vaihtoehtoja soveltuvin osin. Riskiarviossa esitetyt sopeutumisratkaisut ovat yleistason toimenpidesuosituksia muiden asiantuntija-arvioiden ja kuntotutkimusten tavoin. Lopullisen toteutustavan yksityiskohtien määrittäminen vaatii tarkempaa suunnittelua. Esimerkiksi sopeutumisratkaisuna voidaan esittää jäähdytysjärjestelmän rakentamista ja riskiarvion jälkeisessä suunnittelussa määritetään, miten tämä toteutetaan ja mitoitetaan kohteen vaatimuksia vastaavaksi.

Sopeutumisratkaisuina esitetään tavanomaisiin suomalaisiin rakennuksiin soveltuvia toimia. On kuitenkin tärkeä huomata, etteivät ne sellaisenaan automaattisesti sovellu kaikkiin kohteisiin. Yksittäisissä kohteissa parhaat sopeutumisratkaisut voivat olla myös sellaisia, joita ei ole nostettu oppaassa esille yleisiksi ohjeiksi.

Sopeutumisratkaisuissa tulisi suosia vaihtoehtoja, jotka ovat ympäristön kokonaiskuormituksen kannalta vähiten haitallisia ja joiden elinkaaren aikainen hiilijalanjälki jää mahdollisimman pieneksi. Esimerkiksi aurinkosuojauksessa järkevintä on yleensä yhdistää passiivisia ratkaisuja koneelliseen jäähdytykseen eikä valita yksinomaan riittävän tehokasta jäähdytystä.

6.1 Tulvariskit

Tulvariskien sopeutumisratkaisuja tarkasteltaessa toimet voidaan jakaa uudisrakentamisen ja kaavoituksen ratkaisuihin sekä olemassa olevan rakennuskannan sopeutumisratkaisuihin.

Uudisrakentamisen ja aluesuunnittelun toimia

- Vältetään kaavoitusta tunnetuille tulvariskialueille.
- Huolehditaan hulevesien imeytyksestä maastoon alueellisesti.
- Mitoitetaan hulevesiviemäröinti tulevaisuuden ilmastoskenaarioiden mukaisesti.
- Rakennetaan tulvavalleja ja muita rakenteita, joilla tulvatilanteessa saadaan ohjattua vesimassat

alueille, joissa ne eivät uhkaa rakennuksia tai infrastruktuuria.
- Varmistetaan hulevesijärjestelmien toimivuus ympärivuotisesti.
- Määritetään rakennusten korkeusasemat ja sijainnit tulvariskien kannalta turvallisiksi.

Olemassa olevan rakennuskannan toimia
- Uusitaan tai tehostetaan nykyistä hulevesiviemäröintiä ja/tai hulevesijärjestelmiä tulevaisuuden ilmastoskenaarioiden mukaisiksi.
- Selvitetään hulevesien imeytysmahdollisuudet tontilla (esim. asfaltoitujen alueiden vähentäminen; ks. Tontin kosteudenhallinta).
- Rakennetaan tulvavalleja ja muita rakenteita tai järjestelmiä (pumppaus), joilla tulvatilanteessa saadaan ohjattua vesimassat alueille, joissa ne eivät uhkaa rakennuksia.
- Sijoitetaan kriittiset toiminnat turvalliseen kohtaan rakennuksessa.
  - Vältetään esimerkiksi taloteknisten järjestelmien keskittämistä tulvariskissä olevaan kellaritilaan.
- Rakennetaan tulva-alueita, joihin vettä voidaan ohjata myös tontin sisäpuolella tulvatilanteessa.

6.2 Tontin kosteudenhallinta

Uudisrakentamisen ja aluesuunnittelun toimia
- Tulvariskien edellyttämät toimenpiteet.
- Aluesuunnittelussa alueelle määritetään riittävät hulevesijärjestelmät sekä tulvareitit ja -alueet. Alueen hulevesijärjestelmät suunnitellaan ympärivuotisesti toimiviksi.
- Määritetään rakennusten korkeusasemat ylempänä oleviin maastonkohtiin tai muihin kohtiin, joissa kosteusriskit ovat pienemmät ja helpommin hallittavissa.

Olemassa olevan rakennuskannan toimia
- Tarkastetaan, onko hulevesille suunniteltu tulvareitit ja -alueet, joissa virtaama on painovoimaista. Tulva-alueella seisova vesi ei saa muodostaa haittaa rakennukselle.
- Hulevesijärjestelmien tulee toimia ympärivuotisesti, eikä veden jäätyminen esimerkiksi keväällä yöaikaan estä järjestelmän toimintaa.
- Ehkäistään materiaalivalinnoilla hulevesijärjestelmien toimintahäiriöt, esimerkiksi veden virtaus eroosion kuluttaman maanpinnan vuoksi sadevesikaivojen ohitse.
- Suositaan vettä läpäiseviä ja sitovia ja veden virtausnopeutta hidastavia päällysteitä.
- Lisätään viheralueita ja kasvillisuutta.

6.3 Alapohjat ja maanvastaiset seinät

Ilmastonmuutoksen aiheuttamalla sateisuuden kasvulla on välillinen vaikutus alapohjien ja maanvastaisten seinien toimintaan tulevaisuuden ilmastossa.

Uudisrakentamisen ja aluesuunnittelun toimia
- Rakennusten korkeusasema valitaan siten, että hule- ja tulvavedet eivät uhkaa päästä rakennuksen sisään, ryömintätilaan tai kellareihin.
- Nykyisiä kosteuden- ja vedeneristysohjeita noudatetaan alus- ja vierustäyttöjen maa-aineksissa sekä veden- ja lämmöneristysten mitoituksessa ja toteutuksessa.
- Vedeneristeen tyyppi valitaan rasitusolosuhteita kestäväksi: epäjatkuvasta vedeneristeestä jatkuvaan vedeneristeeseen.
- Maanvastaisiin seiniin ja alapohjiin valitaan kosteutta hyvin kestäviä ja vesihöyryä läpäiseviä pintamateriaaleja.

Olemassa olevan rakennuskannan toimia
- Sade- ja hulevedet ohjataan poispäin rakennuksesta tarvittaessa maan pintaa muotoilemalla. Muotoilu toteutetaan lähtökohtaisesti pintamaata poistaen.

- Vettä ohjataan pihan päällysteiden ja/tai vettä pidättävän maakerroksen avulla imeytykseen riittävän etäälle rakennuksesta.
- Maanpintaa alennetaan rakennuksen viereltä siten, että lattia ja kosteudelle herkät materiaalit (esim. puurunko) ovat vähintään 300 mm korkeammalla kuin maanpinta.
- Maanvastaisten rakenteiden sisäpinnan pintamateriaalit tai pintarakenne vaihdetaan kosteutta kestäviin ja vesihöyryä läpäiseviin.
- Vedeneristeen tyyppi vaihdetaan rasitusolosuhteita kestäväksi: epäjatkuvasta vedeneristeestä jatkuvaan vedeneristeeseen.
- Maanpinnan alla kalliopintaa pitkin valuvat tai muut vajovedet ohjataan rakennuksen tai sen perustusten ohitse.

6.4 Julkisivut ja vesikatot

Sopeutumisratkaisut ja niiden toteutusmahdollisuudet vaihtelevat suuresti rakenteilla olevissa ja jo rakennetuissa rakennuksissa.

Uudisrakentamisen ja aluesuunnittelun toimia

- Suositaan vikasietoisia rakenneratkaisuja ja materiaaleja.
- Rakennusmateriaalien valinta ja rakennusfysikaaliset laskentatarkastelut tehdään käyttäen tulevaisuuden ilmastoskenaarioita.
- Keskeisiä toimintoja sisältävissä tiloissa vältetään runsaasti kosteusteknisiä riskejä sisältäviä ratkaisuja.
- Sadevesien poisjohtamisjärjestelmät mitoitetaan käyttäen tulevaisuuden ilmastoskenaarioita.
- Kaikki liitokset ja yksityiskohdat suunnitellaan siten, että rakennusosien huoltaminen ja uusiminen ilman rakenteiden merkittävää purkamista onnistuu helposti.
- Noudatetaan suunnittelussa ja toteutuksessa rakennusfysikaalisia suunnitteluohjeita sekä Kuivaketju 10 -käytäntöjä.
- Suunnitellaan kuluvien ja säärasituksessa vanhenevien materiaalien tarkastukset ja huoltovälit realistisesti. Noudatetaan laadittua huolto-ohjeistusta.

Olemassa olevan rakennuskannan toimia

- Huolehditaan elastisten saumausten, maalipintojen ja vesikatteiden kunnosta säännöllisesti huolto-ohjelman mukaan.
- Parannetaan liitosten, yksityiskohtien ja pellitysten toimintaa niissä havaittujen puutteiden mukaan.
- Huolehditaan vedenpoistojärjestelmien kunnosta ja toimivuudesta. Tarvittaessa kasvatetaan vedenpoistojärjestelmän kapasiteettia todellista saderasitusta vastaavaksi.
- Tarkastetaan säännöllisesti tuulettumattomien ja muiden heikosti vikasietoisten rakenteiden kunto. Rakenteita uusittaessa parannetaan kosteusteknistä toimintaa ja vikasietoisuutta.
- Poistetaan kosteustekniset riskit huolellisesti suunniteltujen ja valvottujen ratkaisujen avulla.
- Lisätään parvekkeille lasitus.

Esimerkkejä sopeutumisratkaisuista, joilla voidaan parantaa rakennuksen vikasietoisuutta lämpötilojen ääriolosuhteita vastaan.

Uudisrakentamisen ja aluesuunnittelun toimia

- Kaavoituksessa annetaan mahdollisuus vaikuttaa julkisivujen ja vesikaton väreihin suunnitteluvaiheessa. Tarvittaessa suositaan vaaleampia sävyjä, jotka eivät lämpiä auringon säteilyn vaikutuksesta yhtä paljon.
- Voimakkaiden lämpösaarekkeiden muodostuminen estetään aluesuunnittelussa, ja viilentäviä viheralueita hyödynnetään.
- Olemassa olevan rakennuskannan toimia

- Vaipparakenteiden ulkopinnalla (vesikatot ja julkisivut) materiaalien asennus sallii äärilämpötilojen mukaiset lämpöliikkeet vaurioitumatta tai materiaalien ominaisuuksia heikentämättä.
- Vaipparakenteissa käytetään materiaaleja ja rakenteita, jotka kestävät lämpöiskut ja epätasaiset lämpötilat. Esimerkiksi hellepäivänä ukkoskuuro voi nopeasti ja epätasaisesti vaikuttaa julkisivujen lämpötilajakaumaan.

6.5 Sisäilmasto-olosuhteet

Lämpötilojen osalta sopeutumisratkaisut voidaan jakaa sisäilmaston ylilämpenemisen estämiseen sekä rakennusmateriaalien pitkäaikaiskestävyyteen. Ilmastonmuutoksen aiheuttamat sopeutustarpeet liittyvät yleisimmin korkeisiin sisälämpötiloihin.

Sisälämpötilojen hallinnassa tulisi pyrkiä suosimaan passiivisia ratkaisuja, joita tarvittaessa täydennetään taloteknisten järjestelmien avulla. Passiivisten auringolta suojaavien rakenteiden sekä rakennuksen sijainnin ja ilmansuuntien vaikutus saadaan sitä suuremmaksi, mitä varhaisemmassa vaiheessa asia otetaan huomioon hankkeen aikana. Olemassa olevan rakennuskannan kohdalla helpot vaikutusmahdollisuudet ovat vähäisemmät.

Esimerkkejä sopeutumisratkaisuista sisäilmaston ylilämpenemistä vastaan on esitetty alla. Lämpöliikkeiden näkökulmasta asia on käsitelty julkisivujen ja vesikattojen sopeutumisratkaisuissa.

Uudisrakentamisen ja aluesuunnittelun toimia

- Kaavoituksessa mahdollistetaan passiivinen aurinkosuojaus. Rakennushankkeessa tulee olla mahdollisuus vaikuttaa rakennuksen pääilmansuuntiin, kattomuotoon ja räystäisiin sekä julkisivujen aurinkosuojarakenteisiin.
- Käytetään passiivisia auringonsuojaratkaisuja.
- Huolehditaan, että rakennuksen ympärillä ja piha-alueella on varjostavia rakenteita ja isoja puita tai muita lämpösaarekkeita torjuvia viherrakenteita.
- Viheralueita ja kasvillisuutta hyödynnetään kosteuden ja varjoisuuden hallinnassa sekä lämpösaarekkeiden rajoittamisessa.
- Sisäilmasto-olosuhteita mallinnettaessa tarkastelut tehdään käyttäen tulevaisuuden ilmastoskenaarioita ja ottaen huomioon varjostavien elementtien muuttumisen.
- Toimintoja sijoitetaan rakennukseen siten, että ihmiset voivat oleskella ja työskennellä myös varjon puoleisissa tiloissa.
- Viherkattojen ja -julkisivujen käyttöä mahdollistetaan ja/tai edellytetään esimerkiksi piharakennuksissa.
- Varmistetaan, että ilma pääsee virtaamaan viheralueiden ja kaupunkirakenteen läpi.
- Mitoitetaan rakennuksen jäähdytysjärjestelmä tai muut jäähdytysratkaisut riittäviksi varmistamaan sisälämpötilan hallinta.

Olemassa olevan rakennuskannan toimia

- Huolehditaan, että rakennuksen ympärillä ja piha-alueella on varjostavia rakenteita ja/tai isoja puita. Uuden istutettavan kasvillisuuden hyödyt näkyvät usein vasta vuosien kuluttua, kun puusto on ehtinyt kasvaa riittävän korkeaksi.
- Tontille ja rakennuksen ympäristöön lisätään viherrakenteita ja kasvillisuutta.
- Ikkuna- ja oviaukkojen yhteyteen asennetaan passiivisia aurinkosuojia. Vaihtoehtoina ovat esimerkiksi aurinkosuojaverhot, markiisit, auringonsuojakalvot sekä muut varjostavat rakenteet ikkunoiden ja ovien päällä ja ympärillä.
- Sisäilmastoa jäähdytetään taloteknisin järjestelmin. Vaihtoehtoina ovat esimerkiksi ilmanvaihdon esijäähdytys, ilmastoinnilla toteutettava jäähdytys, jäähdytyskäyttöön tarkoitetut lämpöpumput ja erilliset puhallinkonvektorit.

6.6 Maastopalot

Yksittäisiä rakennuksia tarkasteltaessa maastopaloilta suojaavat sopeutumisratkaisut tulee lähtökohtaisesti kohdistaa rakennukseen ja tontille. Aluesuunnittelussa rakentamista voidaan mahdollisuuksien mukaan ohjata syttymisherkiltä alueilta turvallisempaan sijaintiin. Maastopaloherkät kuivat kankaat soveltuvat kuitenkin usein maaperän perusominaisuuksiltaan hyvin rakentamiseen, eikä maastopaloriskin välttäminen ole ainoa rakennusten sijaintia määrittävä tarkastelukohde.

Uudisrakentamisen ja aluesuunnittelun toimia

- Rakentaminen ohjataan alueille, joissa metsäpalon syttymisherkkyys ja korkeaintensiteetin latvapalon riski ovat pieniä.
- Rakennukset sijoitetaan mahdollisimman kauas muista rakennuksista sekä syttymisherkistä metsistä ja maastosta..
- Rakennus-, julkisivu- ja kattomateriaalivalinnoissa suositaan palamattomia materiaaleja.
- Hyvä saavutettavuus ja pääsy alueelle varmistetaan läheisten potentiaalisten maastopalokohteiden osalta.
- Luonnollisia esteitä, kuten järviä, jokia ja soita hyödynnetään erottamaan potentiaalisia maastopaloalueita ja rakennuskantaa.

Olemassa olevan rakennuskannan toimia

- Maastopalojen sammutusedellytykset turvataan mahdollisen palokohteen saavutettavuuden varmistamisella eli riittävän tiheällä katu- ja tieverkostolla. Myös sammutusveden saanti varmistetaan.
- Rakennuksen ja syttymisherkkien metsien ja maaston välistä etäisyyttä kasvatetaan. Kasvillisuuden muutosten vaikutus muihin ilmastorasituksiin tulee ottaa huomioon.
- Tiiviisti rakennetussa ympäristössä tonttien rajoille ja rakennusten liitoskohtiin rakennetaan palokatkoja.
- Lisätään rakennusosia ja osastoivia rakennusosia, esimerkiksi räystäiden palokatkoja.
- Automaattisia palonsammutusjärjestelmiä rakennetaan herkästi syttyviin tai korkean riskin alueella sijaitseviin rakennuksiin.

6.7 Maaperään liittyvät riskit

Uudisrakentamisen ja aluesuunnittelun toimia

- Rakentaminen ohjataan alueille, joilla ei esiinny maanvyörymille ja -sortumille alttiita maastonmuotoja, savista maaperää tai muuta sortumille altistavaa olosuhdetta.
- Hulevedet ohjataan alueille, joissa maaperän vedenläpäisy- ja vastaanottokyky on hyvä.

Olemassa olevan rakennuskannan toimia

- Maanpintojen muotoilulla, porrastamisella sekä materiaalivalinnoilla hidastetaan veden virtausnopeutta rinteissä.
- Rinteissä otetaan käyttöön eroosiota kestävät pintamateriaalit ja pintamaata sitova kasvillisuus.
- Suositaan hyvin vettäläpäiseviä pinnoitteita, ja kasvatetaan niiden suhteellista osuutta.
- Varmistetaan tehokas hulevesijärjestelmä, jonka suunnittelussa on otettu huomioon myös järjestelmän ajoittainen tulviminen ja hyväksyttävät tulvimisreitit ja -alueet.

7 TARVITTAVAT LÄHTÖTIEDOT

Ilmastoriskien tarkasteluun vaadittava materiaali riippuu ennen kaikkea tilaajan määrittämästä toimeksiannosta ja toisaalta myös rakennushankkeen tilasta. Mikäli tarkastelu koskee suurta rakennusryhmää, on tarkastelu yleensä yleistasoista riskien tunnistamista ja lisäselvittelytarpeen määrittämistä. Tällöin rakennuksen sijainnin ja perusominaisuuksien (kiinteistökortit, isännöitsijätodistukset) ja vapaasti saatavilla olevien aineistojen (muun muassa kartta-aineistot) perusteella voidaan tunnistaa, millä ilmastoriskeillä voi olla merkitystä rakennukselle.

Mikäli riskitarkastelua käytetään yksittäisessä hankkeessa suunnittelua ja toteutusta ohjaavana työkaluna, tulee tarkastelun olla riittävän yksityiskohtainen, ja tällöin tilaajan tulee toimittaa tarkastelua varten mahdollisimman kattavat lähtötiedot arvioinnissa käytettäväksi:

- kiinteistökortti, isännöitsijätodistus tai muu asiakirja, josta käy ilmi rakennuksen perusominaisuudet, kuten muun muassa osoite, rakennusvuosi, pääasialliset rakennusmateriaalit ja korjaushistoria.
- historiatieto aiemmista vahingoista. Suomessa ilmastonmuutos pääasiassa lyhentää ääri-ilmiöiden toistuvuusaikaa, jolloin alueen historia yleensä kertoo myös siitä, millaisiin ilmastoriskeihin tulee tulevaisuudessa varautua.
- aluetta koskevat selvitykset ja riskiarviot, esimerkiksi tulvavaara-alueita kuvaavat kartta-aineistot.
- rakennushankkeen suunnitelmat (ARK, RAK, LVI) kokonaisuudessaan (ottaen huomioon rakennushankkeen käynnissä oleva vaihe).
- suoritettujen mallinnusten ja laskentatarkastelujen tulokset.
- aiemmat asiantuntijaselvitykset, kuten kuntotutkimukset, kuntoarviot tai muut asiantuntijalausunnot ja -selvitykset.
- rakennuksesta tai hankkeesta laaditut lausunnot, esim. perustamistapalausunnot, ympäristöön liittyvät lausunnot, rakennusfysikaaliset lausunnot.
- tiedot alueen rasitusolosuhteista, mikäli alueelle on hankittu tai laadittu tarkempia selvityksiä esimerkiksi osana kaavoitusta ja aluesuunnittelua.

Lähtötietojen kattavuus vaikuttaa siihen, kuinka tarkasti ja varmasti ilmastoriskit voidaan arvioida. Ilmastoriskien arviointiraporttiin onkin aina sisällytettävä listaus arviointiin käytetyistä lähtötiedoista ja näkemys siitä, ovatko lähtötiedot olleet kaikilta osin riittäviä. Jos käytettävissä olleiden lähtötietojen perusteella ei ole voitu sulkea pois kaikkia ilmastoriskejä, tulee ilmastoriskien arvioijan mainita siitä raportissa ja tarvittaessa suositella lisäselvityksiä.

8 ASIANTUNTIJAOSAAMINEN

Ilmastoriskien vaikutuksen ja niiden aiheuttamien haittojen arvioiminen vaatii monipuolista asiantuntijaosaamista rakennustekniikasta, ympäristötekniikasta sekä talotekniikasta. Tarkasteltava kohde ja tarkastelun laajuus määrittelevät, millaista osaamista asiantuntijoilla tulee kulloisessakin tehtävässä olla. Suoritettaessa yksityiskohtaista tarkastelua vaativaan tai laajaan kohteeseen on suositeltavaa käyttää asiantuntijaryhmää. Mikäli tarkastelun ensisijainen tarkoitus on kartoittaa yleisellä tasolla kohteeseen mahdollisesti liittyvät riskit tai kyseessä on tavanomainen pienempi rakennushanke, voi ensivaiheen tarkastelun suorittaa yksittäinen asiantuntija, jonka asiantuntijaosaaminen on monialainen.

Ilmastoriskien arviointiin suositeltua asiantuntijaosaamista ovat seuraavat osa-alueet:

- ymmärrys ilmastonmuutoksesta sekä säärasitusten vaikutuksesta rakennuskantaan sekä kyky arvioida mikroilmaston ja rakennuksen sijainnin vaikutusta rasitusten suuruuteen.
- elinkaariosaaminen ja suomalaisen rakennuskannan turmeltumisilmiöiden tunteminen.
- rakennusvaipan rakennusfysikaalisen toimivuuden ja reunaehtojen ymmärtäminen.
- taloteknisten järjestelmien toimintaperiaatteiden ja järjestelmien vaikutuksen tunteminen erityisesti sisäilmasto-olosuhteiden näkökulmasta.
- arkkitehtisuunnittelussa käytössä olevien periaateratkaisujen tunteminen, kuten esimerkiksi säältä suojaavat rakenteet sekä energiatehokkuutta ja aurinkosuojausta edistävät ratkaisut.
- rakennesuunnittelun osaaminen erityisesti yksityiskohtien (detaljien) suunnittelun osalta.
- geotekninen osaaminen maaperään liittyvien riskien näkökulmasta.
- ympäristötekniikan osaaminen erityisesti laajempien aluesuunnittelua koskevien arviointitehtävien osalta.

Tarkastelussa voidaan soveltuvin osin hyödyntää olemassa olevia ohjelmistoja ja ilmastoriskejä koskevia valmiita kartta-aineistoja. Asiantuntijaosaamista ei kuitenkaan voida ainakaan toistaiseksi korvata yksinomaan ohjelmistoilla, vaan riskiarvion suorittajan tulee arvioida eri lähteistä saatavan tiedon luotettavuus ja soveltuvuus.

9 ILMASTORISKITARKASTELUN TILAAJAN OHJE

Tässä luvussa käsitellään ilmastoriskitarkastelun hankintaan liittyviä tilaajan tehtäviä.

Ilmastoriskien tarkastelu eroaa erityisesti sopeutumistoimien ja varautumisen mahdollisuuksien näkökulmasta merkittävästi suunnitteilla olevassa kohteessa ja olemassa olevassa rakennuskannassa. Hyvin varhaisessa vaiheessa suunnitteilla olevassa kohteessa voidaan tehdä alue- ja tonttitason tarkasteluja, ja niillä voidaan varautua monien ilmastorasitusten vähentämiseen ja siten niistä aiheutuvien riskien tai haavoittuvuuksien toteutumisen minimointiin. Olemassa olevassa rakennuskannassa ilmastoriskien tarkastelu on enemmän toteavaa ja sopeutumiskeinot oleellisesti rajallisempia.

9.1 Tavoitteiden asettaminen

Tavoitteiden asettaminen on keskeisin asia tarjouspyyntöä laadittaessa. Tilaajan tulee määritellä, millaista tarkastelun tasoa ja sen myötä sopeutumiskeinojen tasoa tarkastelulta halutaan. Nämä tavoitteet tulee kirjata tarjouspyyntöön, jotta tarjoaja osaa mitoittaa työsuunnitelman tavoitteiden mukaiseksi.

Tilaajan tavoitteena voi olla teettää karkea tarkastelu kiinteistöjoukolle, jolloin tavoitteena on seuloa joukosta tarkempaa analyysia vaativat kohteet tai saada yleispiirteiset arviot rakennusten ilmastoriskeistä ja sopeutumiskeinovalikoimasta.

Syventävässä arvioinnissa tavoitteena on yleensä teettää ilmastoriskiarvio yhdelle tai muutamalle rakennukselle ja saada tietoa rakennuskohtaisista sopeutumistoimista.

Alue-, kortteli- ja tonttitason tarkastelu keskittyy pääasiassa viranomaisten vastuualueella olevien riskien ja sopeutumiskeinojen arviointiin. Rakennustason tarkastelussa kohteena on yksittäinen rakennus tai rakennusjoukko ja niihin liittyvät kiinteistönomistajan vaikutuspiirissä olevat sopeutumiskeinot.

Tavoitteiden asettamiseen vaikuttaa myös se, onko kyseessä uudisrakennus vai jo valmistunut rakennus. Suunnitteluvaiheessa tehtyjen suunnitteluratkaisujen ja materiaalivalintojen avulla on mahdollista toteuttaa rakennus, jossa tulevaisuuden ilmastoriskit on otettu huomioon ja niiden vaikutuksiin on varauduttu. Olemassa olevassa rakennuskannassa arviointi on lähinnä toteavaa ja sopeutumistoimet voivat aiheuttaa erilaisia korjaus- tai muutostarpeita rakenteisiin tai teknisiin järjestelmiin.

Tavoitteiden asettaminen

Millaiseen/millaisiin kohteisiin tarkastelut tehdään?
- Uusi rakennus
- Muutama olemassa oleva rakennus
- Monta olemassa olevaa rakennusta

Tarkastelun taso?
- Karkean tason arviointi
- Syventävä arviointi
- Alue/tonttitason tarkastelu
- Rakennustason tarkastelu

Kuva 9.1. Yhteenveto tavoitteiden asettamisesta

9.2 Aineiston kokoaminen

Lähtötietojen kattavuus vaikuttaa olennaisesti ilmastoriskien ja sopeutumisratkaisujen arviointiin ja arviointitulosten laatuun. Suositeltavinta on, että arvioinnin lähtötietoina on kattava suunnitelma-asiakirja-aineisto.

Tarjouspyyntöä laadittaessa tilaajan on suositeltavaa perehtyä saatavilla olevaan aineistoon niin tarkasti, että hän pystyy tarjouspyynnössä kuvailemaan sen tai kertomaan, mistä aineisto on saatavissa. Mitä tarkempi tarkastelun taso kiinteistöistä halutaan, sitä yksityiskohtaisemmat suunnitelmat tulee olla käytettävissä.

Vanhemmissa rakennuksissa on voitu tehdä erilaisia kuntoarvioita tai kuntotutkimuksia, joiden raportit ovat arvokkaita lähtötietoaineistoja ilmastoriskitarkastelua varten. Vastaavasti rakennuksen korjaus- ja huoltohistoria kertoo systemaattisesta huollosta tai sen puutteesta sekä mainituissa kuntoarvio- ja kuntotutkimusraporteissa suositeltujen huolto- ja korjaustoimien toteuttamisesta.

Rakennuskohtaisen syventävän arvioinnin lähtötietona on yleensä käytettävissä myös raportti, jossa kuvataan rakennusta koskevan karkean tason ilmastoriskitarkastelun tulokset.

Edellä mainittua aineistoa ei ole välttämätöntä liittää tarjouspyyntöön, mutta tarjouspyynnöstä tulee käydä ilmi näiden aineistojen saatavuus ja se, kuuluuko aineiston hankinta tilaajalle vai onko se osa ilmastoriskien selvitystyötä. Suunnitteilla olevassa kohteessa ilmastoriskitarkastelun tekijällä tulee olla pääsy kohteen projektipankkiin sekä mahdollisuus osallistua tarvittaviin hankkeen kokouksiin.

Olemassa olevasta rakennuskannasta tulee tarjouspyynnöstä selvitä vähintään seuraavia asioita:

- rakennuksen sijainti (osoite)
- rakennustyyppi
- rakennuksen koko (m^2, kerrokset)
- pääasiallinen runko-, julkisivu- ja katemateriaali
- rakennusvuosi tai -vuodet
- peruskorjausten vuodet.

9.3 Hankintamenettely

Tarjouspyynnön laatijan on suositeltavaa perehtyä ilmastoriskien arviointia koskevaan oppaaseen siltä osin kuin se koskee tarjouspyynnössä kuvattavaa toimeksiantoa. Lisäksi tilaaja voi halutessaan hyödyntää markkinakartoitusta tarjouspyynnön laatimisen tukena. Markkinoiden kartoitukseen, tarjouspyynnön laatimiseen ja hankintamenettelyn muihin vaiheisiin löytyy ohjeita *www.hankinnat.fi*-sivustolta, jonka sisältö perustuu hankintalakiin (1397/2016).

Tarjouspyynnön keskeisenä tarkoituksena on kuvata hankinnan kohde. Ilmastoriskien ja sopeutumisratkaisujen arviointia koskevan tilauksen laajuuden määrittelyssä voidaan hyödyntää luvun 3 kuvausta arviointiin sisältyvistä työvaiheista.

Tarjouspyyntöön kannattaa sisällyttää tarjoajien ammatillista pätevyyttä koskevia vähimmäisvaatimuksia. Niitä voivat olla ilmastoriskien arviointiin osallistuvien asiantuntijoiden koulutus, osaaminen ja kokemus vastaavista tehtävistä.

Laaja-alaisissa toimeksiannoissa ilmastoriskien arviointi perustuu useamman eri alan asiantuntijaosaamiseen (esimerkiksi GEO, RAK, LVIS). Tällaisten toimeksiantojen tarjouspyyntö tulee laatia siten, että tarjouksista erottuu, kattaako toimeksiantoihin ehdotettujen työryhmien asiantuntemus kaikki tarvittavat osaamisalat.

Usein tarjousten vertailuperusteisiin sisällytetään laatukriteerejä. Laadun osoittamiseksi voidaan tarjoajilta pyytää esimerkiksi aikaisempia toimeksiantoja koskevia referenssejä ja käytettävissä olevien asiantuntijoiden pätevyyksiä. Referenssejä koskevien vertailuperusteiden osalta kannattaa huomioida, että varsinaisia ilmastoriskien arviointiselvityksiä on tehty vasta muutamien vuosien ajan. Toisaalta se, että tarjoajilla on kokemusta ilmastoriskiselvitysten lähtötietoina käytettävien selvitysten, tutkimusten ja suunnitelmien tekemisestä, tukee myös ilmastoriskien ja sopeutumistoimien arvioimista.

LIITE 1 ILMASTONMUUTOS SUOMESSA

Ilmastonmuutoksen vaikutusten arvioinnissa hyödynnetään erilaisiin päästöskenaarioihin perustuvia malleja. Päästöskenaariot kuvaavat ihmiskunnan ilmakehään vapauttamien kasvihuonekaasujen määrää ja pitoisuutta sekä päästömäärien vaihtoehtoisia kehityskulkuja tulevaisuudessa. Skenaariot ja mallit perustuvat kansainväliseen tutkijayhteistyöhön, ja ne päivittyvät jatkuvasti (CMIP, Coupled Model Intercomparison Project). Suomessa tutkijayhteistyöhön osallistuvat pääasiassa Ilmatieteen laitoksen tutkijat, jotka myös päivittävät mallien perusteella arvioita ilmastonmuutoksen vaikutuksesta eri ilmastosuureisiin eri puolilla Suomea.

Tässä luvussa hyödynnetään kirjoitushetkellä käytössä olevia tutkimuksia ilmastonriskien arvioinnista. Kaikkia tarkasteltavien ilmastoriskien aihealueita ei päivitetä jokaisen tuoreen mallin julkaisun yhteydessä, vaan käytännössä tässä luvussa hyödynnettävät arviot perustuvat kolmen eri päästöskenaariosukupolven tarkasteluihin. Eri mallidataan perustuvia skenaarioita yhdistää se, että niissä on tarkasteltu vähäisen päästökehityksen skenaariota, päästöjen merkittävän lisääntymisen skenaariota sekä niiden välisiä maltillisen päästöjen kasvun skenaarioita. Tässä luvussa on hyödynnetty seuraavia päästöskenaarioita:

- CMIP3-mallidataan perustuvat skenaariot B1, A1B ja A2 (käsitelty mm. Ruosteenoja ym. 2013)
- CMIP5-mallidataan perustuvat RCP-skenaariot (Representative Concentration Pathways) RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 ja RCP8.5 (käsitelty mm. Jylhä ym. 2020)
- CMIP6-mallidataan perustuvat SSP-skenaariot (Shared Socioeconomic Pathways) SSP1-2.6, SSP2-4.5 ja SSP5-8.5 (käsitelty mm. Ruosteenoja & Jylhä 2021).

RCP- ja SSP-skenaarioissa luvut kirjaintunnusten perässä kuvaavat säteilypakotteen suuruutta (W/m^2) vuosisadan loppuun mennessä, eli luku 2.6 kuvaa pienintä päästöjen kasvua ja luku 8.5 suurinta. Eri skenaariot alkavat eriytyä toisistaan merkittävästi vuoden 2030 jälkeen.

Koska skenaariot ja niihin perustuvat mallit ovat jatkuvasti päivittyviä, on ilmastoriskejä selvittävän suositeltavaa tutustua tuoreimpaan tutkimustietoon esimerkiksi seuraamalla aiheeseen liittyvää tutkimustoimintaa Ilmatieteen laitoksen kotisivuilla. Aina tulee pyrkiä käyttämään uusimpiin ilmastomalleihin pohjautuvia arvioita, jos sellaisia on saatavilla.

L 1.1 Lämpötila

L 1.1.1 Lämpötilan muutokset

Lämpötilat tulevat nousemaan Suomessa melko tasaisesti riippumatta sijainnista, joskin lähes jokaisena kuukautena keskilämpötilan nousu on pohjoisessa Suomessa suurempaa kuin eteläisessä. Kaikkialla lämpötilan nousu on merkittävintä talviaikaan. (Ruosteenoja & Jylhä 2022.) Taulukossa L1.1 on esitetty kolmella eri SSP-skenaariolla lasketut koko Suomen keskimääräiset lämpötilanousut eri vuodenaikoina.

Taulukko L1.1 Keskimääräinen lämpötilan kasvu Suomessa eri SSP-skenaarioilla vuosien 2050 ja 2080 ilmastoissa eri vuodenaikoina. Talvi = joulu-helmikuu, kevät = maalis-toukokuu, kesä = kesä-elokuu, syksy = syys-marraskuu. (Ruosteenoja & Jylhä 2022.)

	2050 [°C]			2080 [°C]		
	SSP1-2.6	**SSP2-4.5**	**SSP5-8.5**	**SSP1-2.6**	**SSP2-4.5**	**SSP5-8.5**
Talvi	2,6	3,3	4,3	2,6	4,3	7,1
Kevät	2,2	2,6	3,4	2,3	3,5	5,6
Kesä	2,1	2,4	3,2	2,2	3,3	5,3
Syksy	2,3	2,6	3,5	2,4	3,6	5,7
Koko vuosi	**2,3**	**2,7**	**3,6**	**2,4**	**3,7**	**5,9**

Keskimääräinen vuorokauden alimman ja ylimmän lämpötilan ero pienenee kaikilla SSP-skenaarioilla sitä enemmän, mitä lähemmäs vuosisadan loppua mennään tai mitä voimakkaampaa ilmastonmuutosennustetta käytetään. Skenaariolla SSP1-2.6 2050 vuorokauden sisäinen lämpötilaero pienenee keskimäärin 6 %, skenaariolla SSP5-8.5 2050 keskimäärin 9 %, skenaariolla SSP1-2.6 2080 keskimäärin 6 % ja skenaariolla SSP5-8.5 2080 keskimäärin 15 %. Merkittävintä väheneminen on talvikausina, kesällä erot pysyvät lähes nykyisenkaltaisina. (Ruosteenoja & Jylhä 2022.)

L 1.1.2 Lämpökuormitus

Hyvin korkeiden lämpötilojen todennäköisyys kasvaa huomattavasti tulevaisuudessa. Toisaalta hyvin matalien lämpötilojen todennäköisyydet pienenevät. Esimerkiksi Jokioisilla nykyisin kerran kymmenessä vuodessa ylitettävä lämpötila (31,3 ^{0}C) ylitetään vuonna 2050 joka kolmas vuosi, mutta nykyisin joka toinen vuosi tapahtuva lämpötilan -27 ^{0}C alitus käy puolestaan hyvin harvinaiseksi. Siten lämpötilavaihteluiden kokonaissuuruus ei välttämättä merkittävästi muutu. (Jylhä ym. 2020.)

Korkeilla lämpötiloilla on selkeä yhteys rakennusten jäähdytystarpeeseen. Ilmastonmuutos lisää aktiivista jäähdytystä vailla olevien rakennusten ylilämpenemistä tulevaisuudessa. Äärimmäisen hellekesän huonelämpötilat tuhannen kuumimman tunnin aikana nousevat vuoteen 2050 mennessä keskimäärin noin 1–2 °C päästöskenaariosta riippuen verrattuna vuoden 2018 hellekesän huonelämpötiloihin. Lämmitystarve puolestaan keskilämpötilan nousun vuoksi vähenee erityisesti talvikuukausina. (Lahdensivu ym. 2023.)

L 1.1.3 Lämpö- ja kylmyysaallot, pakkanen

Molemmat lämpötilojen ääripäät, helle- ja kylmät jaksot, lisäävät kuolleisuutta. Suomessa nykyilmastossa kuolleisuus on ollut merkittävästi suurempaa kylminä kuin lämpiminä kausina. Lämpötilojen noustessa kriittisin vaikutus kuolleisuuteen ja sairaalahoidon tarpeeseen arvellaan olevan pitkäkestoisilla korkeilla lämpötiloilla (Lahdensivu ym. 2023). Erityisesti korkea lämpötila aiheuttaa vakavia terveyshaittoja yli 65-vuotiaille. Kansanterveyden kannalta suurin merkitys on pitkittyneillä hellejaksoilla, ei yksittäisillä äärilämpötiloilla. Nykyilmastossa helleaaltopäiviä on Helsingin seudulla keskimäärin 9,4 vuodessa, ja määrä lisääntyy eri skenaarioissa 14–23 päivään vuodessa vuoteen 2050 mennessä ja 15–46 päivään vuodessa vuoteen 2080 mennessä. (Lahdensivu ym. 2023.)

Ankarien pakkaspäivien määrä sekä pakkasjakson kesto vähenevät huomattavasti tulevaisuuden ilmastossa. Ruosteenoja ja muut (2013) ovat tarkastelleet kylmien jaksojen rajalämpötiloja sijaintikohtaisesti: rannikolla rajana on pidetty alle -15 °C:n keskimääräistä vuorokauden lämpötilaa, eteläisessä sisämaassa -20 °C:n ja Lapissa -25 °C:n lämpötilaa. Taulukossa L.1.2 on esitetty nykytilanne sekä arvio tulevaisuuden ilmastosta.

Taulukko L1.2 Kylmien päivien keskimääräinen vuotuinen lukumäärä sekä talven pisimmän yhtämittaisen kylmän jakson kestoaika Suomen nykyilmastossa (1971–2000) sekä vuosien 2050 ja 2080 ilmastossa (keskitason skenaario) (Ruosteenoja ym. 2013).

Sijainti	Raja-lämpötila	Nykyilmasto		2050		2080	
		Määrä [kpl/vuosi]	Kestoaika [vrk]	Määrä [kpl/vuosi]	Kestoaika [vrk]	Määrä [kpl/vuosi]	Kestoaika [vrk]
Eteläinen rannikko	-15 °C	9,1	3,7	3,8	2,0	2,5	1,5
Sisämaa	- 20 °C	7,6	3,4	2,8	1,6	1,7	1,1
Lappi	- 25 °C	9,1	3,3	3,4	1,8	2,1	1,2

Suomessa kansalliset rakentamismääräykset edellyttävät lämmitysjärjestelmien mitoitusta alueellisten ulkolämpötilojen mukaan tyhjälle rakennukselle. Käyttäjien tuottaman lämpökuorman ja laitteiden hukkalämmön takia oikein suunnitelluissa rakennuksissa lämmityksen alimitoitus ei ole todennäköinen riski. Pitkät kylmyysjaksot voivat kuitenkin vaikuttaa operatiivisiin kustannuksiin. (Pilli-Sihvola ym. 2018, Gregow ym. 2021.)

L 1.2 Tuuliolot

L 1.2.1 Tuuliolojen muutokset

Tuulisuuden muutoksen arviointi riippuu jonkin verran käytettävistä ilmastomalleista. Vanhemmilla mallisukupolvilla (CMIP3) tuulisena vuodenaikana (syys-huhtikuussa) keskimääräisen tuulen voimakkuuden arvioitiin kasvavan vuosisadan loppuun mennessä (Ruosteenoja ym. 2013). SSP-skenaarioilla arviot keskimääräisistä tuulennopeuksista ovat kuitenkin huomattavasti maltillisemmat. Itse asiassa niiden perusteella keskimääräinen tuulisuus on vähenemässä, erityisesti kesäaikaan. Sijaintikohtaiset erot suhteellisissa muutoksissa ovat melko maltillisia ja noin yhden prosenttiyksikön sisällä toisistaan Vantaalla ja Sodankylässä niin vuonna 2050 kuin vuonna 2080:kin. Oheisessa taulukossa L.1.3 esitetään koko Suomen keskimääräiset tuulennopeuden muutokset tuoreimmilla SSP-skenaarioilla. (Jylhä et al. 2020.)

Taulukko L1.3 Maanpinnan tason keskimääräiset tuulennopeuden muutokset [%] Suomessa eri SSP-skenaarioilla vuosien 2050 ja 2080 ilmastoissa eri vuodenaikoina. Talvi = joulu-helmikuu, kevät = maalis-toukokuu, kesä = kesä-elokuu, syksy = syys-marraskuu. (Ruosteenoja & Jylhä 2022.)

	2050 [°C]			2080 [°C]		
	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP5-8.5
Talvi	-1	0	0	-1	Vahink	1
Kevät	-1	0	0	-1	-1	-1
Kesä	-1	-1	-2	-2	-2	-5
Syksy	-1	0	0	-1	-1	1
Koko vuosi	**-1**	**0**	**-1**	**-1**	**-1**	**-1**

L 1.2.2 Myrskytuulet

Myrskyjen eli matalapaineisiin liittyvien voimakkaiden tuulien ei arvioida lisääntyvän Suomessa ilmastonmuutoksen vaikutuksesta (Venäläinen ym. 2019). Myöskään rajuilmoihin liittyvät voimakkaat ukkospuuskat ja syöksyvirtaukset eivät nykytiedon valossa lisäänny merkittävästi ainakaan lähivuosikymmeninä. Sen sijaan voimakkaan lämpenemisen skenaarioissa vuosisadan loppupuolella voimakkaat ukkoset ja siten myös voimakkaat ukkospuuskat yleistyvät (Gregow ym. 2020). Voimakkaimpien tuuli-ilmiöiden (myrskyt ja syöksyvirtaukset) esiintymisessä niin nykyilmastossa kuin tulevaisuudessakin keskeistä on niiden satunnaisuus: yksi erittäin voimakas tilanne saattaa aiheuttaa valtaisat vahingot. Myrskyvahingot tulevat olemaan aiempaa todennäköisempiä myös siksi, että talvien lämmetessä routaisuus vähenee. Ilman routaa puut ovat alttiimpia kaatumaan, jolloin ne voivat aiheuttaa vahinkoa myös rakennuksille ja sähkölinjoille. Pöly- ja hiekkamyrskyjen riski on Suomessa tulevaisuudessakin melko vähäinen metsäisyyden ansiosta.

Lumimyrskyksi on määritelty tilanne, jossa puuskatuulen nopeus on vähintään 21 m/s ja siihen yhdistyy noin 15–20 cm:n edestä lumisadetta. Vuosina 1965–2005 kyseisenkaltaisia lumimyrskyjä tunnistettiin eteläisen ja Lounais-Suomen alueella kahdeksan. Arviota lumimyrskyjen todennäköisyydestä tulevaisuuden ilmastossa ei ole Suomen olosuhteissa tehty, mutta maailmanlaajuisesti niiden on arvioitu lisääntyvän muiden ääri-ilmiöiden tapaan, kun arktisilta alueilta saapuva kylmä ilmamassa törmää useammin lämpimään, kosteaan ilmamassaan.

L 1.3 Sateisuus

L 1.3.1 Sademäärä

Sademäärä lisääntyy joka puolella Suomea, kaikkina vuodenaikoina, kaikista ilmansuunnista sadehetken tuulensuunnan mukaan jaettuna ja kaikissa RCP-skenaarioissa. Merkittävin vuodenaikaan liittyvä kasvu tapahtuu talvikuukausina, vähäisintä se on kesäisin. Taulukossa L.1.4 esitetään sateisuuden kasvu vuodenajoittain eri sijainneissa skenaariolla RCP4.5 (Jylhä ym. 2020) ja taulukossa L.1.5 keskimääräinen kasvu eri vuodenaikoina koko Suomessa SSP-skenaarioilla (Jylhä & Ruosteenoja 2022).

Taulukko L1.4 Sademäärän prosentuaalinen muutos skenaarion RCP4.5 mukaan eri sijainneissa ja eri vuodenaikoina vuosien 2050 ja 2080 ilmastoissa. Talvi = joulu-helmikuu, kevät = maalis-toukokuu, kesä = kesä-elokuu, syksy = syys-marraskuu. (Jylhä ym. 2020.)

	Vantaa		Jokioinen		Jyväskylä		Sodankylä	
	2050	**2080**	**2050**	**2080**	**2050**	**2080**	**2050**	**2080**
Talvi	8	12	8	12	8	13	10	14
Kevät	6	8	5	7	6	8	7	9
Kesä	2	4	4	5	3	5	5	6
Syksy	5	8	6	8	6	9	8	12
Vuosi	**5**	**8**	**5**	**8**	**5**	**8**	**7**	**10**

Taulukko L1.5 Sademäärien prosentuaalinen muutos SSP-skenaariolla. Talvi = joulu-helmikuu, kevät = maalis-toukokuu, kesä = kesä-elokuu, syksy = syys-marraskuu. (Jylhä & Ruosteenoja 2022.)

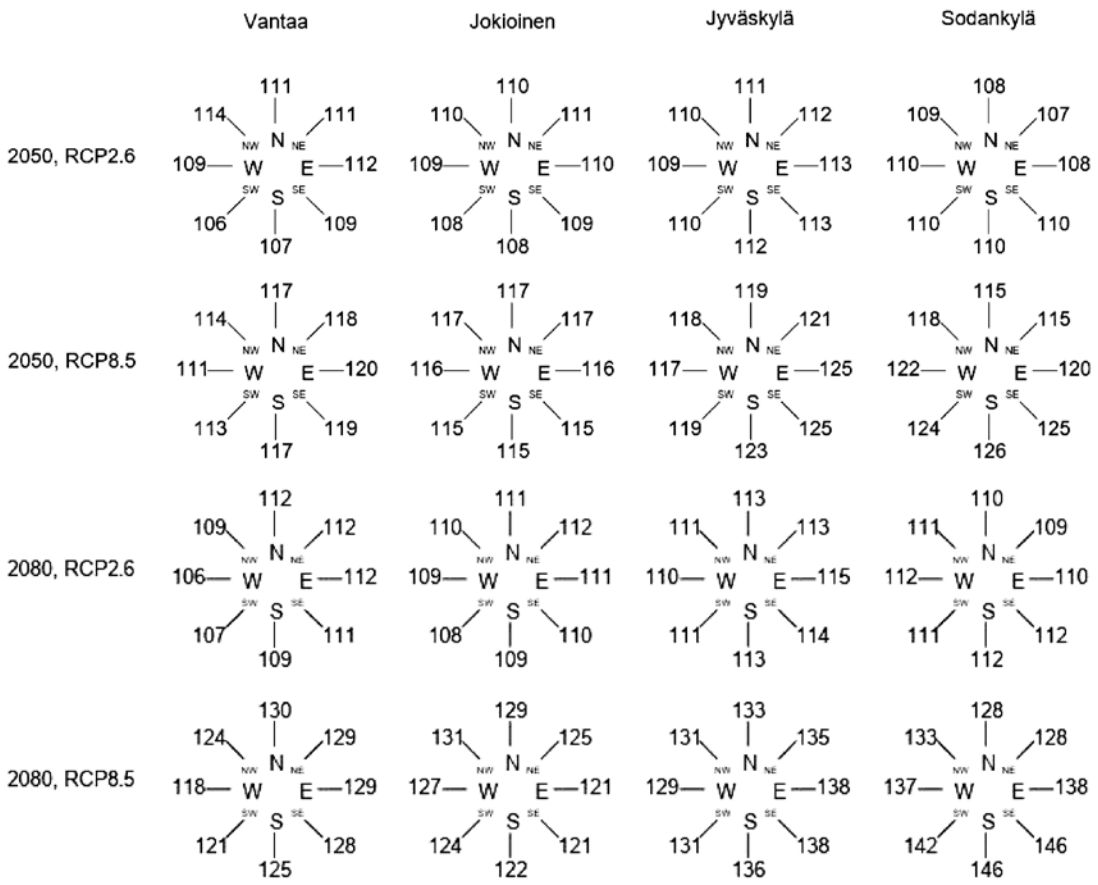
	2050 [˚C]			2080 [˚C]		
	SSP1-2.6	**SSP2-4.5**	**SSP5-8.5**	**SSP1-2.6**	**SSP2-4.5**	**SSP5-8.5**
Talvi	10	12	16	8	14	32
Kevät	9	10	14	10	14	24
Kesä	6	5	4	6	7	5
Syksy	8	9	11	8	11	20
Koko vuosi	**8**	**9**	**11**	**8**	**11**	**19**

L 1.3.2 Viistosade

Säälle alttiita rakenteita tarkasteltaessa on usein oleellista arvioida sademäärän sijaan viistosateen määrää, joka kuvaa sitä sademäärää, joka päätyy tuulen mukana pystysuorille pinnoille. Koska rannikolla tuulee tyypillisesti kovempaa sadehetkien aikoina, myös suurempi osuus sateesta päätyy pystypinnoille. Kuvaan L1.1 on koottu kahteen eri ilmastoskenaarioon (RCP2.6 ja RCP8.5) perustuvat tulevaisuuden viistosademäärät (%) suhteessa nykyilmastoon. Kuten kuvasta L1.1 nähdään, viistosademäärän lisääntyminen on nykytilanteeseen nähden melko tasaista kaikista ilmansuunnista lähes riippumatta käytetystä ennusteesta. RCP2.6-skenaariolla kasvu on merkittävintä jo vuoteen 2050 mennessä, mutta RCP8.5-skenaariolla kasvu on voimakasta myös siitä eteenpäin. Eri sijaintien välillä suhteellisessa kasvussa ei ole merkittävää eroa skenaariolla RCP2.6, mutta skenaariolla RCP8.5 on sijaintikohtaisia eroja.

Tapauksissa, joissa viistosademäärä kasvaa suhteellisesti enemmän, sen lisääntymiseen vaikuttaa erityisesti keskilämpötilan nousu, jonka vuoksi sateista yhä suurempi osa tulee lumen sijaan vetenä ja räntänä. Suhteellista kasvua tarkasteltaessa tulee kuitenkin edelleen ottaa huomioon se, että viistosademäärä on rannikolla huomattavasti sisämaata ja Lappia suurempi, vaikka viistosademäärän suhteellinen kasvu onkin pienempää. (Laukkarinen ym. 2022.)

Ilmastonmuutosennusteiden mukaan rannikko-olosuhteet ankaroituvat entisestään ja eteläinen Suomi alkaa rasitustasoltaan muistuttaa rannikon nykyolosuhteita, sisämaa eteläistä Suomea ja Lap-



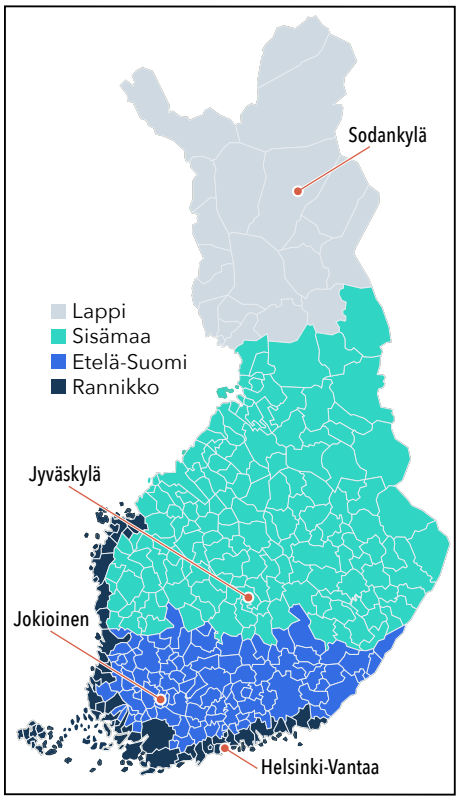
Kuva L1.1 Viistosademäärät (%) suhteessa nykyilmastoon (eri sijainneissa ja eri ilmansuunnissa) vuoden 2050 ja 2080 RCP-ilmastonmuutosennusteilla. (Laukkarinen ym. 2022)

pi sisämaata. Samoin eteläisten julkisivujen rasitustaso nousee, länsi- ja itäjulkisivujen rasitustaso lähestyy nykyistä etelänsuuntaista rasitusta ja pohjoisjulkisivun rasitustaso puolestaan itä- ja länsijulkisivujen nykyistä rasitustasoa.

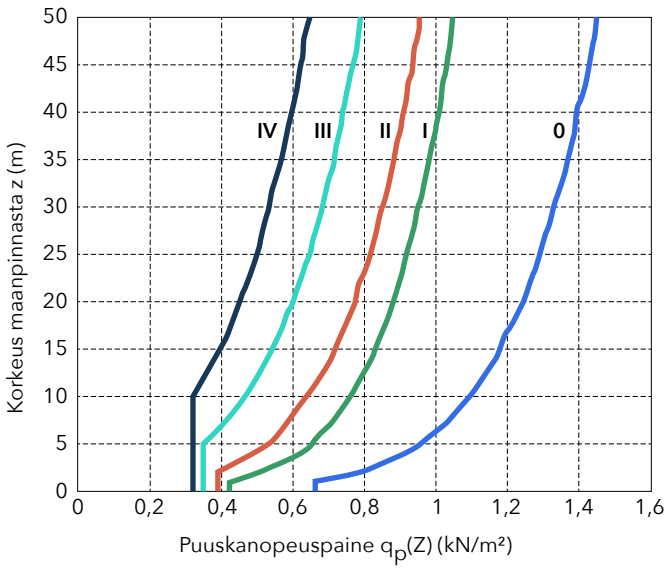
L 1.3.3 Viistosateen vaikutukset rakennuksiin

Rakennukseen kohdistuvat viistosaderasitukset ovat suurimmillaan rannikoilla, joissa sekä tuulen nopeus että sateen määrä ovat sisämaata suurempia. Viistosade- ja tuulisuustarkasteluja varten Suomi voidaan jakaa rannikkoalueeseen, Etelä-Suomeen, sisämaahan ja Lappiin kuvan L1.2 mukaan.

Ilmastorasitusalueen lisäksi rakennuksen saamaan tuuli- ja viistosaderasitukseen vaikuttaa rakennuksen korkeus. Tuulen ja viistosateen vaikutusta rakennuksiin eri maastoluokissa voidaan arvioida kuvan L1.3 ja taulukon L1.6 avulla. Maastoluokassa 0 rakennus sijaitsee merellä tai avonaisen meren rannassa, jolloin jo kaksikerroksinen rakennus saa huomattavan viistosade- ja tuulirasituksen. Yleisimmin Suomen mantereella sijaitsevat rakennukset ovat korkeintaan maastoluokassa I.



Kuva L1.2 Suomen neljä erilaista ilmastorasitusaluetta. Marko Pylvänäinen laatinut Pakkalan 2020-kartan pohjalta.



Kuva L1.3 Tuulen aiheuttama paine rakennuksen korkeuden funktiona eri maastoluokissa (RIL 201-1-2017)

Taulukko L1.6 Rakennusten korkeusluokitus maastoluokan mukaan.

Maastoluokka	Matala rakennus	Tavanomainen kerrostalo	Korkea rakennus
0	1–2 krs	2–4 krs	yli 5 krs
I	1–2 krs	3–5 krs	yli 6 krs
II	1–2 krs	3–8 krs	yli 9 krs
III	1–2 krs	3–10 krs	yli 11 krs
IV	1–2 krs	3–12 krs	yli 13 krs

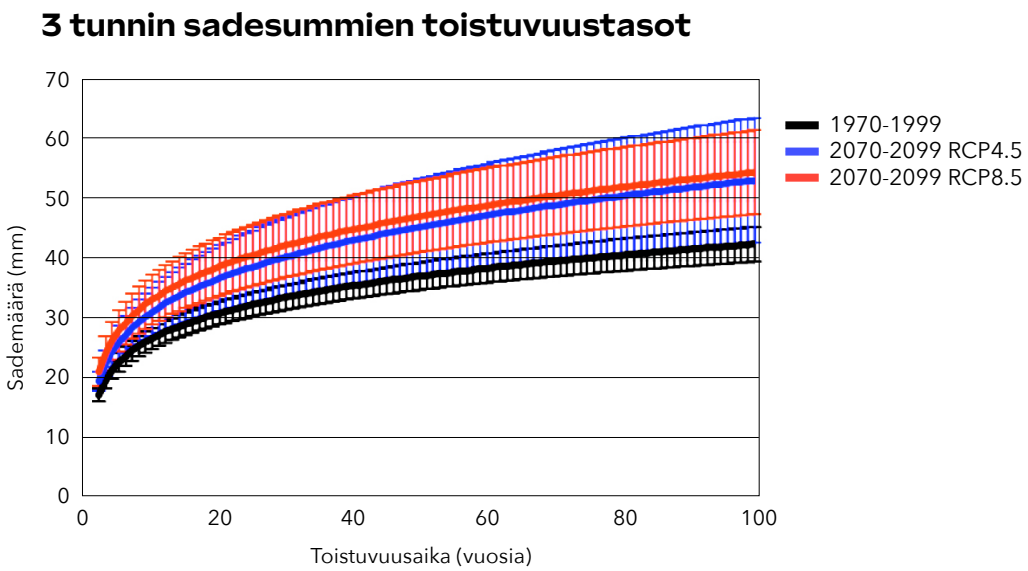
L 1.3.4 Voimakkaat sateet

Ilmastomallien perusteella rankkasateiden esiintyvyys ja sateen voimakkuus kasvavat ilmastonmuutoksen seurauksena kaikkina vuodenaikoina. Tämä lisää muun muassa kosteuden aiheuttaman rasituksen määrää rakennuksissa. Rankkasade voi aiheuttaa myös akuutin hulevesitulvariskin (ks. Hulevesitulva).

Tulvariskialueilla sijaitsevat kiinteistöt, joissa tilojen korkeusasemat ovat tulvarajojen alapuolella ilman tarvittavia muita suojauskeinoja, ovat erityisen alttiita tulvavahingoille. Suuret läpäisemättömät pinta-alat kiinteistöillä ja epäedulliset maanpinnan kallistukset voivat edelleen lisätä kiinteistön riskejä. Talvella riskit ovat suuremmat, koska maaperä yleisesti on kyllästyneempi vedellä tai jäässä. (Gregow ym. 2021, Ruosteenoja ym. 2016).

Rankkasateiden (≥ 20 mm/h tai ≥ 50 mm/vrk) todennäköisyys kasvaa tulevaisuuden ilmastossa huomattavasti. Esimerkiksi pääkaupunkiseudulla nykyisin kerran sadassa vuodessa esiintyvät kolmen tunnin kestoiset rankkasateet esiintyvät vuoden 2080 ilmastossa kerran 30 vuodessa. (Jylhä ym. 2020.) Kuvassa L1.4 on esitetty kolmen tunnin sadesummien toistuvuustasot pääkaupunkiseudulla vuosien 1970–1999 ilmastossa sekä vuoden 2080 RCP4.5- ja RCP8.5-skenaarioiden ilmastossa. (Jylhä ym. 2020.)

Kaikkien skenaarioiden mukaan lumisuus vähenee tulevaisuudessa kaikkialla Suomessa. Jokioisissa vuosina 1971–2000 mitattu lumimäärän keskiarvo ylitetään vuoden 2080 ilmastossa samalla paikkakunnalla kerran 30 vuodessa ja Sodankylässä neljä kertaa 30 vuodessa. (Ruosteenoja 2013.)



Kuva L1.4 Suurimpien kolmen tunnin sadekertymien toistuvuustasot viiden RCA4-mallilla alueellisesti tarkennetun maailmanlaajuisen ilmastomallin tulosten perusteella Helsingin ympäristössä 30-vuotisjaksoilla 1970–1999 (musta käyrä) ja 2070–2099 (sininen käyrä; RCP4.5-skenaario ja punainen käyrä; RCP8.5-skenaario). Yhtenäiset käyrät kuvaavat mallitulosten keskiarvoa ja mallitulosten välinen keskihajonta on esitetty pylväillä. (Mäkelä ym. 2016)

L 1.4 Tulvat

Veteen liittyvistä akuuteista riskeistä tulvat ovat viistosaderasituksen ohella Suomessa merkittävimpiä. Tulvat voidaan jakaa kolmeen eri tulvatyyppiin: merivesi-, vesistö- ja hulevesitulviin. Eri tulvatyyppien syntytapa vaihtelee, joten myös ilmastonmuutoksen vaikutukset eri tulvatyyppien esiintymiseen ovat erilaisia. Merivesi- ja vesistötulva-alueita ja tulvien toistuvuutta voi tarkastella Tulvakeskuksen ylläpitämän tulvakarttapalvelun avulla (Tulvakeskus 2024b).

L 1.4.1 Merivesitulva

Meriveden nopeat pinnannousut Itämerellä johtuvat kovista tuulista, ilmanpaine-eroista sekä Itämeren ominaisheilahtelusta. Lähtökohtaisesti suuret merivesitulvat johtuvat useasta eri tekijästä, eivät ainoastaan yhdestä edellä mainitusta tekijästä. Itämerta valtamerestä erottava kapea Kattegatin salmi voi vaikuttaa myös merivesitulvan kestoon pitämällä tuulen nostattamaa vedenpintaa korkealla useita viikkoja ennen kuin se laskee jälleen valtameren tasolle. (Parjanne ym. 2018.)

Ilmastonmuutoksesta johtuva Itämeren meriveden pinnannousu on noin 20 % pienempää kuin maailmanlaajuinen keskiarvo, koska jäätiköiden epätasainen sulaminen sekä meriveden lämpölaajeneminen vaikuttavat Itämeren alueella enemmän kuin muualla. Suomessa maankohoaminen on voimakasta erityisesti Perämerellä, noin 3 mm/vuosi, joten Suomessa merenpinta nousee globaalia keskiarvoa vähemmän. Toisaalta Suomessa meriveden lämpölaajenemisen vaikutus on hieman keskimääräistä suurempaa. (Kahma ym. 2014.)

Taulukossa L.1.7 on esitetty vuoden 2100 keskivedenkorkeudet mareografipaikkakunnittain ja eri ilmastoskenaarioilla (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5). Taulukossa L.1.8 on puolestaan esitetty vuoden 2100 keskimääräisen merenpinnan tason muutos suhteessa vuosien 1995–2014 merenpinnantason keskiarvoon mareografipaikkakunnittain ja eri ilmastoskenaarioilla (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5). (Pellikka ym. 2023.) Taulukoiden luokittelussa matala arvio vastaa arvioiden jakauman 5. persentiiliä, paras arvio mediaaniarvoa ja korkea arvio 95. persentiiliä.

Taulukko L1.7 Vuoden 2100 keskimääräinen merenpinnan taso (cm, N2000-korkeusjärjestelmässä) mareografipaikkakunnilla kolmessa ilmastoskenaariossa (Pellikka ym. 2023).

	Matala päästötaso (RCP2.6/SSP1-2.6)			Keskimääräinen päästötaso (RCP4.5/SSP2-4.5)			Korkea päästötaso (RCP8.5/SSP5-8.5)		
Mittausasema	Matala arvio	Keski-määräinen arvio	Korkea arvio	Matala arvio	Keski-määräinen arvio	Korkea arvio	Matala arvio	Keski-määräinen arvio	Korkea arvio
Kemi	-43	-20	14	-31	-5	47	-10	24	116
Oulu	-40	-18	16	-28	-2	49	-8	27	118
Raahe	-45	-23	12	-33	-7	44	-13	22	113
Pietarsaari	-48	-26	9	-36	-10	42	-15	19	110
Vaasa	-46	-24	10	-34	-9	43	-14	20	111
Kaskinen	-40	-18	16	-28	-3	49	-8	26	118
Mäntyluoto	-32	-10	24	-20	6	57	1	34	126
Rauma	-26	-4	30	-14	12	63	6	40	132
Turku	-12	10	44	0	25	77	20	54	145
Degerby	-18	4	38	-6	19	71	14	48	139
Hanko	1	23	58	13	39	90	34	68	159
Helsinki	7	29	63	19	45	96	40	74	165
Hamina	15	37	72	27	53	105	48	82	174

Taulukko L1.8 Vuoden 2100 keskimääräisen merenpinnan tason muutos (cm) suhteessa vuosien 1995–2014 merenpinnantason keskiarvoon mareografipaikkakunnilla kolmessa ilmastoskenaariossa (Pellikka ym. 2023).

	Matala päästötaso (RCP2.6/SSP1-2.6)			Keskimääräinen päästötaso (RCP4.5/SSP2-4.5)			Korkea päästötaso (RCP8.5/SSP5-8.5)		
Mittausasema	Matala arvio	Keski-määräinen arvio	Korkea arvio	Matala arvio	Keski-määräinen arvio	Korkea arvio	Matala arvio	Keski-määräinen arvio	Korkea arvio
Kemi	-62	-40	-5	-50	-24	27	-30	5	96
Oulu	-59	-37	-2	-47	-21	30	-27	8	99
Raahe	-63	-41	-7	-51	-25	26	-31	4	95
Pietarsaari	-66	-43	-9	-54	-28	24	-33	1	93
Vaasa	-64	-42	-8	-52	-26	25	-31	3	94
Kaskinen	-59	-37	-3	-47	-21	30	-27	7	99
Mäntyluoto	-50	-28	6	-39	-13	39	-18	16	107
Rauma	-44	-22	12	-32	-6	45	-12	22	114
Turku	-30	-8	26	-18	7	59	2	36	128
Degerby	-33	-11	23	-21	5	56	-1	33	124
Hanko	-17	4	39	-6	20	72	15	49	140
Helsinki	-13	9	43	-1	25	76	20	54	145
Hamina	-7	16	50	5	31	83	26	61	152

Taulukossa L.1.7 esitetyn keskimääräisen arvion mukaan vuoden 2100 keskivedenkorkeus vaihtelee Suomen eri osissa matalan päästötason skenaariossa -26 ja +37 cm:n välillä (N2000), keskimääräisen päästötason skenaariossa -10 ja +53 cm:n välillä (N2000) sekä korkean päästötason skenaariossa +19 ja +82 cm:n välillä (N2000). Taulukossa L.1.8 esitetyn keskimääräisen arvion mukaan keskivedenkorkeus nousee keskimääräisen päästötason ilmastoskenaarion toteutuessa paikkakunnasta riippuen enimmillään 31 cm ja vastaavasti laskee enimmillään 28 cm vuoteen 2100 mennessä. Keskimääräinen keskivedenkorkeuden muutoksen arvio matalan päästötason skenaariossa vaihtelee -43 ja +16 cm:n välillä sekä korkean päästötason skenaariossa +1 ja +61 cm:n välillä. Voimakkainta keskivedenkorkeuden nousu on Suomenlahdella, kun taas Pohjanlahdella muutos on pienempi. Keskimääräisen arvion mukaan Rauman pohjoispuolelle jäävissä Pohjanlahden osissa merenpinnan korkeus voi voimakkaan maankohoamisen seurauksena jopa laskea (keskimääräisen päästötason skenaariossa).

Merivesitulvien toistuvuus muuttuu keskivedenkorkeuden kasvaessa tulevaisuuden ilmastossa. Muutosten arvioitu voimakkuus riippuu paikasta sekä ilmastoskenaariosta. Esimerkiksi Helsingissä nykytilanteessa kolmesti sadassa vuodessa esiintyvä tulva tulee arvioiden mukaan esiintymään vuonna 2050 noin neljä kertaa sadan vuoden aikana ja vuonna 2100 joka toinen vuosi. Pohjanlahdella sen sijaan tulvat eivät maankohoamisen takia yleisty yhtä paljoa. (Pellikka ym. 2018.)

Taulukko L1.9 Merenpinnan arvioitu korkeus erittäin harvinaisen, tilastollisesti kerran 250 vuodessa toistuvan tulvan aikana eri ilmastoskenaarioilla vuosina 2020, 2050 ja 2100 sekä nykyinen alin suositeltava rakentamiskorkeus, jossa ei ole huomioitu paikkakohtaista aaltoiluvaraa (Tulvakeskus 2024b, Kahma ym. 2014).

	Vedenkorkeus (cm) N2000-järjestelmässä harvinaisessa 1/250a-tulvassa							
Ilmastoskenaario	RCP2.6/SSP1-2.6 (matala)		RCP4.5/SSP2-4.5 (keskitaso)			RCP8.5/SSP5-8.5 (korkea)		Alin suositeltu rakentamiskorkeus ilman aaltoiluvaraa (cm, N2000, 2014)
Vuosi	2050	2100	2020	2050	2100	2050	2100	
Kemi	236	235	247	241	268	252	388	260
Oulu	232	234	242	137	268	249	389	250
Raahe	186	197	197	192	237	206	367	230
Pietarsaari	168	181	178	173	222	189	353	200
Vaasa	170	179	182	175	218	189	349	200
Kaskinen	168	182	177	173	222	187	354	200
Mäntyluoto	162	184	169	168	225	183	357	200
Rauma	162	190	167	168	231	184	365	210
Turku	169	206	169	175	248	191	381	240
Föglö	147	185	148	153	226	169	362	220
Hanko	172	215	169	178	257	194	390	250
Helsinki	204	241	201	210	280	224	409	280
Hamina	251	284	246	257	319	269	441	320

Nykyiset, vuonna 2014 päivitetyt rannikkoalueiden suositellut rakentamiskorkeudet perustuvat tulvaan, jonka esiintymistaajuus vuonna 2100 on 1/250 tapausta vuodessa (Kahma ym. 2014). Rakentamiskorkeussuosituksissa on otettu huomioon IPCC:n viidennen arviointipaneelin ennusteet tulevasta merenpinnan noususta. Meren rannikoilla suositellussa rakentamiskorkeudessa on otettava tulvan lisäksi huomioon myös paikkakohtainen tuulesta aiheutuva aaltoilu. (Ilmatieteen laitos 2014.) Taulukossa L.1.9 on esitetty nykyisten alimpien rakentamiskorkeussuosituksien (ilman em. aaltoiluvaraa) lisäksi myös erittäin harvinaisen, tilastollisesti kerran 250 vuodessa esiintyvän tulvan korkeuksia kolmessa ilmastoskenaariossa vuosina 2020, 2050 ja 2100 (Tulvakeskus 2024b). Taulukon rakentamiskorkeussuosituksiin tulee siis lisätä aaltoiluvara. Ilmatieteen laitos on määrittänyt aaltoilun huomioivat turvalliset rakentamiskorkeudet esimerkiksi Helsingin rannikkoalueelle (*https://meri.hel.fi/*).

Tulvien koko kasvaa vuodesta 2020 vuoteen 2100 mennessä merkittävästi erityisesti Suomenlahdella. Taulukossa L.1.9 esitetyn erittäin harvinaisen 1/250a-tulvan kasvu on suurinta Hangossa, jossa sen on ennustettu kasvavan 88 cm. Taulukosta voidaan huomata, että nykyiset suositellut alimmat rakentamiskorkeudet vastaavat vuoden 2100 keskiskenaarion tulvaa ja poikkeavat siitä korkeimmillaan noin 20 cm. Alimmat suositellut rakentamiskorkeudet eivät siis riitä suojelemaan rakennuksia korkean päästöskenaarion tulvatilanteissa vuonna 2100.

Esimerkiksi Helsingin Pikku Huopalahden alueella turvallisen rakentamiskorkeuden raja vaihtelee 3,00:sta 3,12 metriin N2000-järjestelmän nollatasosta (Helsinki 2024). Havainnekuvassa L.1.5 on Helsingin Pikku Huopalahden alue merenpinnan korkeuden ollessa 3,10 m N2000-järjestelmän nollatasosta.

Kuva L1.5 Havainnekuva. Helsingin Pikku Huopalahden alue merenpinnan korkeuden ollessa 3,10 m N2000-järjestelmän nollatasosta. Kuvassa on hyödynnetty Helsingin kaupungin kolmioverkkomallia (Helsinki 2024), johon on tehty muutoksia (Kari Nöjd, Sweco 2024).

L 1.4.2 Vesistötulva

Rankkasateet ja lumien sulaminen aiheuttavat vesistötulvia joissa ja järvissä. Vesistöjen tulvat voivat aiheutua myös runsassateisista jaksoista johtuvista järvialueiden suurista vedenkorkeuksista, jääpatoutumista jäiden lähdön aikaan, virtausaukkojen ja uomien tukkeutumisesta sekä alijäähtyneen veden muodostaman jään patoutumisesta eli hyydetulvasta. (Parjanne & Huokuna 2014.)

Ilmaston lämmetessä lumen määrä vähenee suurimmassa osassa Suomea, joten kevään sulamistulvat pääosin pienenevät. Lumen määrän väheneminen vaikuttaa erityisesti Keski- ja Itä-Suomen latvavesistöjen sekä joidenkin Pohjanmaan jokien tulvien mahdolliseen pienenemiseen. Joillain ilmastoskenaarioilla tulvat kuitenkin pysyvät lähellä nykyistä suuruusluokkaa myös näillä alueilla. Pohjois-Suomessa kevättulvat säilyvät suurimpina tulvina. Etelä-Suomessa tulviin eniten vaikuttava tekijä on sademäärän muutos, jolloin syksyn ja talven tulvat kasvavat suurimmiksi tulviksi. (Veijalainen ym. 2012.)

Sateiden lisääntyessä ja talven lauhtuessa tulvat keskimäärin kasvavat suurten vesistöjen keskusjärvissä sekä niiden laskujoissa. Tulvien arvioidaan lisääntyvän Vuoksen, Kokemäenjoen, Kymijoen sekä Oulujoen vesistöjen alajuoksulla ja niiden suurissa keskusjärvissä, kuten Saimaassa ja Päijänteessä. Tulvariski kasvaa myös joissakin etelä- ja lounaisrannikon jokivesistöissä, joissa tulvia esiintyy nykyilmastossa syksyn ja talven aikana. (Veijalainen ym. 2012.)

Ilmastonmuutoksen myötä hyydetulvariski kasvaa entisestään. Etelä- ja Keski-Suomessa hyydetulvariskin arvioidaan kasvavan talven virtaamien kasvaessa ja jääkannen synnyn myöhentyessä, mikä tarkoittaa erityisesti alkutalven hyydetulvien lisääntymistä. (Veijalainen ym. 2012.)

Talvien lyheneminen ja märkien jaksojen lisääntyminen johtavat korkeampiin pohjavedenkorkeuksiin talvella, kun taas kevään aikaistuminen ja kuivuusjaksojen piteneminen laskevat loppukesän pohjavedenkorkeutta. Keski-, Itä- ja Pohjois-Suomessa alimmat pohjavedenkorkeudet ovat nykyilmastossa alkukevään aikana, joten talven lyheneminen nostaa alhaisimpia pohjavedenkorkeuksia. Etelä- ja Lounais-Suomessa, joissa pohjaveden minimit ajoittuvat kesään, alimmat pohjavedenkorkeudet laskevat. (Veijalainen ym. 2012.)

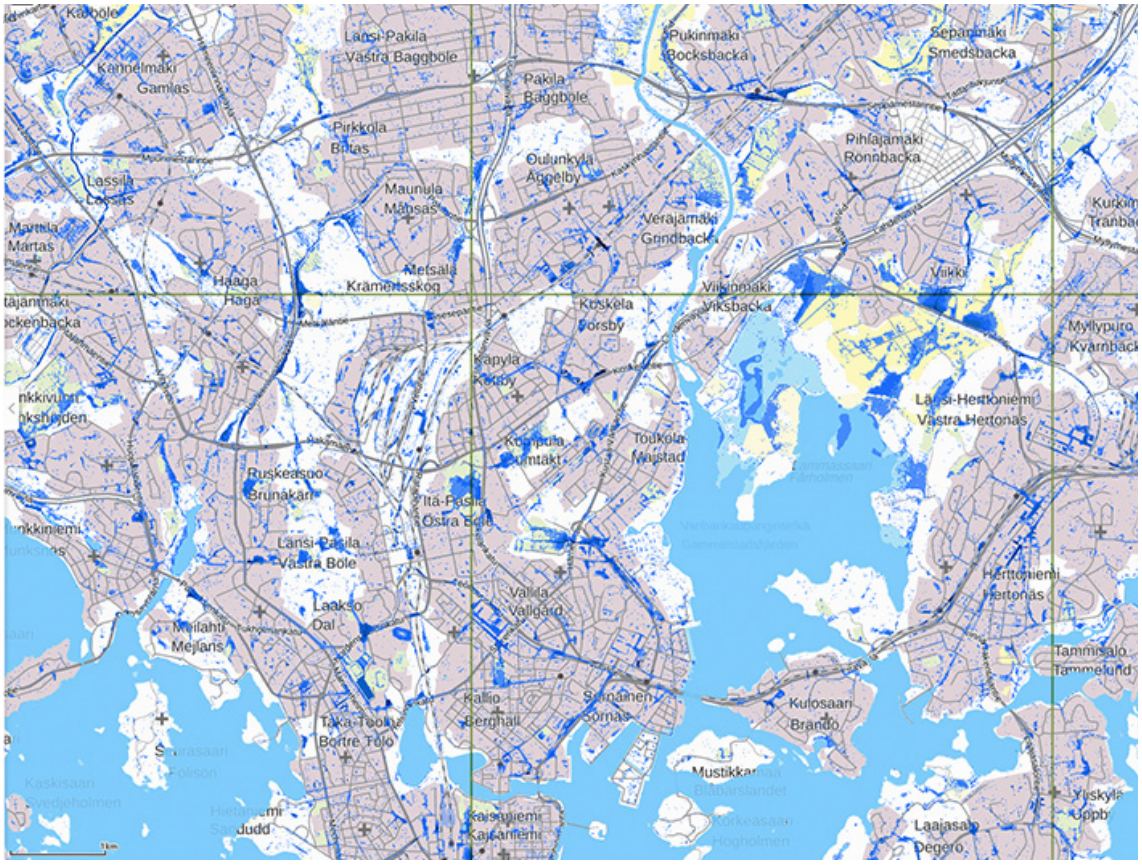
L 1.4.3 Hulevesitulva

Hulevesitulvat syntyvät rankkasateiden tai lumien sulamisvesien seurauksena, kun viemäriverkostot tai avo-ojat eivät poista vettä riittävän nopeasti. Vettä läpäisemättömät pinnat, kuten asfaltti, lisäävät hulevesitulvariskiä vähentämällä veden imeytymistä maahan. Lisäksi rakennusten katoilta, terasseilta ja muilta tasoilta johdetut sadevedet lisäävät veden valuntaa sadevesiviemäriverkostoon. (Parjanne ym. 2018.)

Yhtenä suurimpana tulevaisuuden tulvariskien suorana vaikutuksena arvioidaan olevan hulevesitulvien aiheuttamat ongelmat, joita ovat rakennusten ja laitteiden kastuminen sekä erilaisten palveluiden, liikenteen, tiedonsiirron ja energiahuollon katkokset (Parjanne ym. 2018). Taajama-alueiden lisäksi pienten valuma-alueiden tulvatilanteet voivat pahentua etenkin kesäisin, jos rankkasateet kasvavat keskimääräisiä sateita enemmän (Veijalainen ym. 2012). Rakennusten kastumisen sekä muiden ongelmien lisäksi jokitörmiin johdetut hulevedet voivat aiheuttaa maakerrosten eroosiota ja syöpymistä, jotka lisäävät sortumien ja vyörymien riskiä (Parjanne & Huokuna 2014).

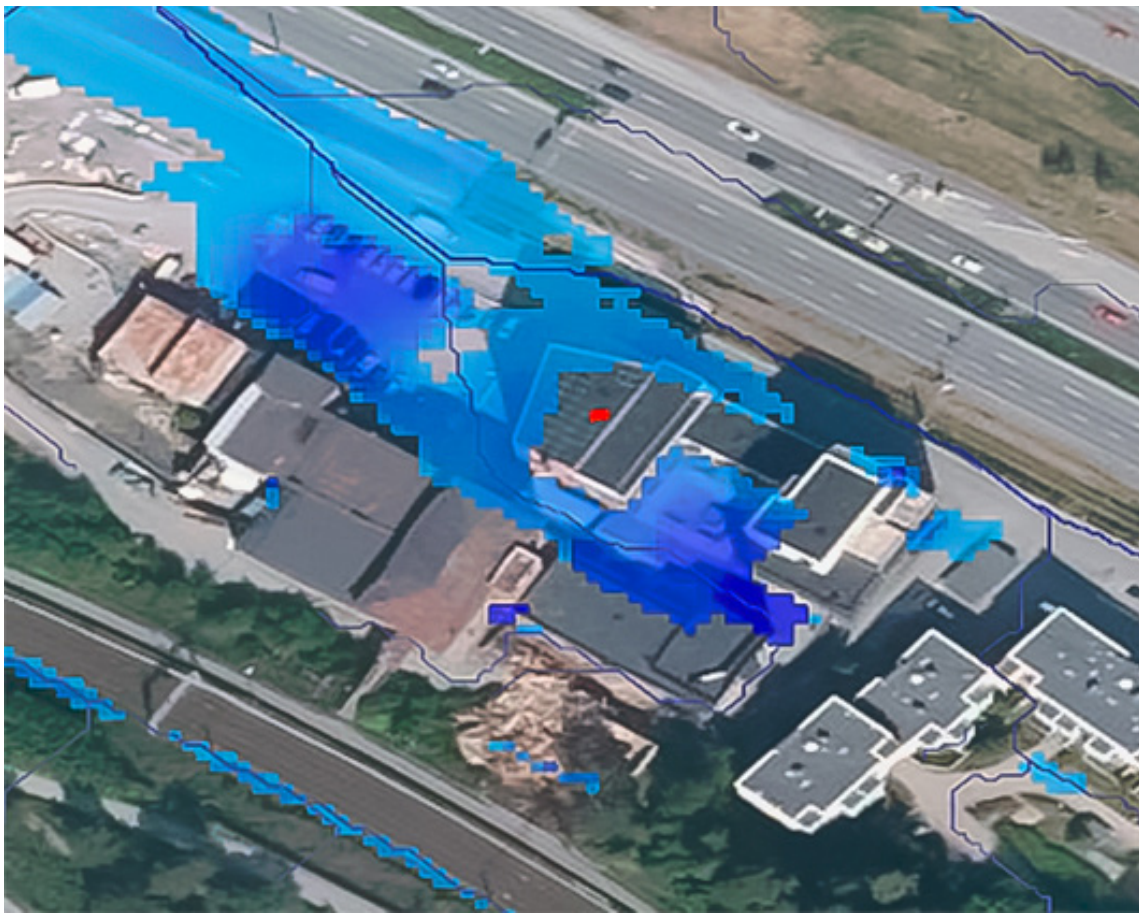
Rakennusten kastuminen hulevesitulvien vuoksi keskittyy lähinnä kaupunkialueille ja niiden ydinkeskustaan läpäisemättömien pintojen takia. Hulevesitulvien osalta suunnittelu- ja hallintavastuu on kunnilla (Laki tulvariskien hallinnasta 620/2010), minkä takia hulevesijärjestelmät vaihtelevat eri alueilla. Hulevesijärjestelmät riippuvat myös suunnittelijan valitsemista parametreista, jolloin hulevesijärjestelmien sopeutumista ilmastonmuutokseen on haastavaa tarkastella. Vuonna 2012 on julkaistu Hulevesiopas (Suomen Kuntaliitto 2012), jossa on esitetty päivitetyt ohjeet hulevesiviemäreiden mitoittamiseksi ilmastonmuutoksen osalta. Hulevesioppaan mitoitusohjeeseen on kuitenkin ehdotettu päivitystä ilmastonmuutoskertoimeen, jonka perusteella hulevesijärjestelmät nykyisin mitoitetaan (Toivonen ym. 2021). Hulevesiverkostosta ei ole myöskään kattavia tietoja. Ilmastonmuutoksen vaikutusta kaupunkialueilla voidaan kuitenkin arvioida kokonaissademäärän muutoksella.

Suomen ympäristökeskuksen tuottama yleispiirteinen hulevesikartta on julkaistu testipalvelussa keväällä 2024. Se kattaa kaikki Suomen taajama- ja asemakaavoitetut alueet ja kuvaa mahdollisia hulevesitulvavaara-alueita kahdella harvinaisella sadetapahtumalla (52 mm/h ja 80 mm/h). Ote yleispiirteisestä hulevesikartasta on esitetty kuvassa L.1.6 (Tulvakeskus 2024a). Kartta soveltuu alueelliseen tarkasteluun. Rakennuskohtaiseen tarkasteluun yleispiirteistä hulevesikarttaa ei voi käyttää, sillä kartassa on merkittäviä epävarmuuksia esimerkiksi siitä puuttuvien tierumpujen ja hulevesiputkien takia. (Tulvakeskus 2024a.) Yleispiirteistä hulevesitulvakarttaa edelsi SYKEn vuonna 2017 tuottama alustava hulevesitulvakartta noin 50 000 neliökilometrin alueelle, sellaisille taajama- ja asemakaavoitetuille alueille, joille oli tuolloin käytettävissä Maanmittauslaitoksen laserkeilaamalla tuotettu korkeusmalli (Sane ym. 2021).



Kuva L 1.6 Esimerkki yleispiirteisestä hulevesitulvakartasta, jota voi käyttää aluetasoiseen tarkasteluun. Tummansinisellä värillä kuvataan alueita, joille hulevesiä voi kerääntyä hyvin voimakkaan rankkasateen vuoksi. (Vesi.fi. 2024 Yleispiirteinen hulevesitulvakartta 2024,testipalvelu.)

Esimerkki hulevesitulvan riskiarviosta on esitetty kuvassa L.1.7. Kuvan sininen väri havainnollistaa, mitkä alueet ovat korkeusmallin tai pintavaaituksen perusteella ympäristöään alempana olevia painanteita, joihin hulevesiä voi kerääntyä. Tummemmat sävyt kuvaavat riskialtteimmat kohdat.



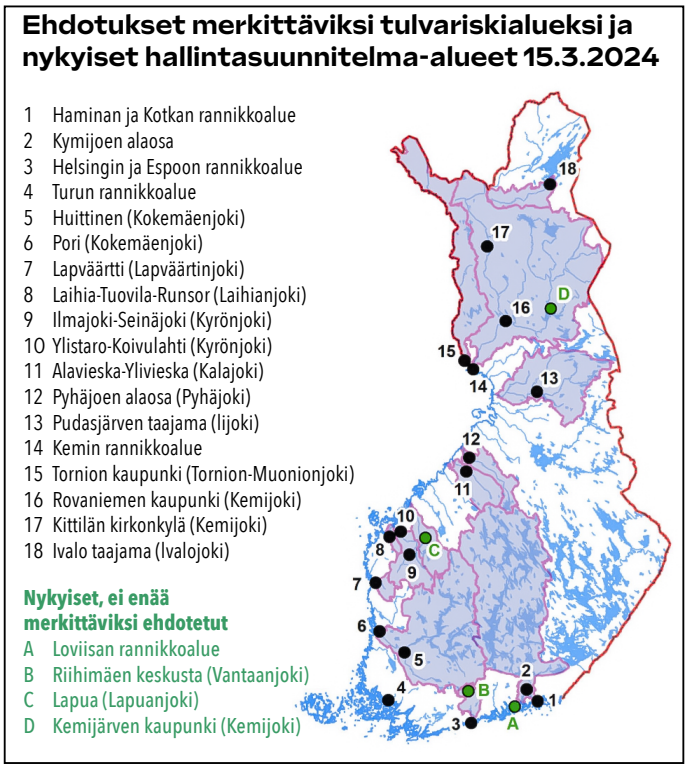
Kuva L1.7 Esimerkki hulevesitulvariskiarviosta, jossa sinisellä värillä kuvataan alueita, joille hulevesiä voi kerääntyä maanpinnan muodon vuoksi. (Kuva Ramboll Finland Oy)

L 1.4.4 Tulville alttiit rakennukset

Suomessa on nimetty vuosien 2018–2024 ajalle 22 merkittävää vesistö- tai merivesitulvariskialuetta, joista sisävesistöjen varrella sijaitsee 17 aluetta ja meren rannikolla viisi (Maa- ja metsätalousministeriö 2018). Ely-keskusten ehdottamat ja maa- ja metsätalousministeriön nimeämät merkittävät tulvariskialueet vuosille 2024–2030 julkaistiin kuultaviksi keväällä 2024 (kuva L.1.8). Ehdotettuja merkittäviä tulvariskialueita on 18. Merkittävä tulvariski poistui neljältä alueelta, Kemijärveltä, Riihimäeltä, Lapualta ja Loviisasta, verrattuna vuosien 2018–2024 tulvariskialueisiin. (Sane & Ahopelto 2024.) Tulvariskialueiden nimeämisessä on otettu huomioon erityisesti tulvien todennäköisyys sekä mahdollisten vahinkojen suuruus tulvan sattuessa (Vesi.fi 2021). Lisäksi on huomioitu ilmastonmuutoksen vaikutus, aikaisemmin koetut tulvatilanteet, tarkentuneet paikka- ja muut tiedot sekä tulvariskien hallinnan toimenpiteet (Maa- ja metsätalousministeriö 2018).

Tulvavaarassa olevia rakennettuja alueita voidaan tunnistaa yleispiirteisesti tulvakarttapalvelun avulla. Tulvakarttapalvelussa voi tarkastella erisuuruisille tulville laadittuja tulvakarttoja. Palvelussa on esillä tulvavaara- ja tulvariskikartat merkittäviltä tulvariskialueilta sekä tulvakarttoja noin sadalta sisävesialueelta ja koko Suomen rannikolta. Tulvariskissä olevien rakennusten ja asukkaiden määrää voi tarkastella myös palvelussa esitettyjen tulvariskiruutujen tunnuslukujen avulla. Tulvakarttapalveluun liittyy joitakin epävarmuuksia, jotka johtuvat esimerkiksi aineistojen epätarkkuuksista. Kartoissa ei ole huomioitu kaikkia paikallisia, tulviin vaikuttavia tekijöitä tai ilmastonmuutoksen vaikutusta. Tulvakarttoja ei voi käyttää tarkkaan rakennuskohtaiseen tarkasteluun, sillä ne eivät ota huomioon rakennusten ominaisuuksia, kuten esimerkiksi alinta kastuvaa korkeutta. (Tulvakeskus 2024b.)

Merkittävien tulvariskialueiden asukasmäärät vuonna 2023 on esitetty taulukossa L.1.10. Taulukon asukasmäärät kuvaavat harvinaisen tulvan tilannetta eli 1/100a toistuvaa avovesitulvaa tai toisen tulvatyypin, kuten esimerkiksi jäistä aiheutuvan tulvan, vastaavan kokoluokan tulvaa (Vesi.fi 2024). Taulukon perusteella asukasmäärällisesti merkittävin tulvariskialue on Pori, jonka osuus on yli 50 % kaikista tulvariskialueiden asukkaista. Lähes kaikki Porin tulvariskialueen asukkaat sijaitsevat kuitenkin penkereillä tulvasuojellulla alueella. Toiseksi ja kolmanneksi merkittävimmät alueet ovat Tornio ja Rovaniemi, joissa puolestaan kaikki riskialueen asukkaat ovat välittömän tulvariskin alueella. Yhteensä merkittävien tulvariskialueiden asukkaita on noin 16 800, joista yli 60 % asuu tulvasuojellulla alueella ja alle 40 % suoran tulvariskin alueella.



Kuva L1.8 Merkittäviksi vesistö- ja meritulvariskialueiksi ehdotetut kohteet vuosille 2024–2030 merkittynä mustalla sekä poistuneen merkittävän tulvariskin alueet vuosilta 2018–2024 merkittynä vihreällä (Sane & Ahopelto 2024).

Taulukko L1.10 Asukkaiden arvioitu määrä ja jakautuminen merkittävimpien vesistö- ja meritulvariskialueiden alueilla 1/100a toistuvassa tulvatilanteessa vuonna 2023 (Vesi.fi 2024).

Merkittävät tulvariskialueet	Välittömässä tulvariskissä olevat asukkaat (lukumäärä)	Tulvapenkereillä suojelluilla alueilla olevat asukkaat (jäännösriski) (lukumäärä)
Pori	100	8 400
Tornio	1 900	–
Rovaniemi	1 300	–
Ivalo	50	1 000
Helsingin ja Espoon rannikkoalue	300	300
Haminan ja Kotkan rannikkoalue	500	–
Muut*	1 800	1 200
Yhteensä	**5 950**	**10 900**

* Muiden merkittävien tulvariskialueiden osuus

L 1.5 Muut veteen liittyvät riskit

L 1.5.1 Meren happamoituminen

Merten happamoituminen tarkoittaa merten pH-arvon pienentymistä. Ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden nousu voi kiihdyttää ilmiötä. Kiinteistöissä ilmiö voi aiheuttaa esimerkiksi korroosiota teräsrakenteissa, jotka altistuvat merivedelle tai betonin pinnan rapautumista. Betoni voi rapautua pH:n laskiessa alle 6,5:n, mutta vakavaa rapautumista tapahtuu vasta pH:n alittaessa arvon 5,5 (Neville 2012). Kuitenkin happamuuden lisääntymisen vaikutuksen arvioidaan olevan rajallinen ja kohdistuvan vain kiinteistöihin, jotka sijaitsevat meren välittömässä läheisyydessä tai tulvariskialueella. (Baltic Sea Centre 2020.)

Pohjaveden sekä maaperän sulfaattirasitus sekä happamoituminen otetaan huomioon rakenteiden rasitusluokissa (by68 2024). Maaperän olosuhteet voivat olla aggressiivisia rannikolla Litorinameren rantaviivan alapuolella sekä sisämaassa lisäksi suoalueilla ja alueilla, joihin suovedet pääsevät kulkeutumaan. Litorinameri on ollut nykyistä Itämerta laajempi merialue, jonka suolapitoisuus on myös ollut nykyistä Itämerta korkeampi. Maanpinnan kohotessa ja rantaviivan siirtyessä meriveden suolan vaikutus on jäänyt maaperään, mistä johtuu edellä kuvattu olosuhteiden aggressiivisuus.

L 1.5.2 Meriveden intruusio

Meriveden intruusio on meriveden virtaamista alueelle, joka ei normaalisti ole alttiina korkealle suolapitoisuudelle (suolavedelle). Kiinteistöissä meriveden intruusio voi altistaa rakenteita suoloille (sulfaatit ja kloridit). Kiinteistö voi altistua meriveden intruusiolle esimerkiksi merenpinnan nousun tai myrskyvuoksen kaltaisen ilmiön kautta. Myrskyvuoksessa merenpinnan nopea nouseminen on seurausta voimakkaasta matalapaineesta sekä tuulenpaineesta.

Mahdollisesta meriveden intruusiosta aiheutuvan tilapäisen suolarasituksen ei kuitenkaan arvioida aiheuttavan haittaa sellaisillekaan rakenteille, joita ei ole suunniteltu suolarasituksen kestäviksi, sillä muualta tuleva suolarasitus on merkittävämpää kuin potentiaalinen merivedestä aiheutuva rasitus. Suolapitoisuus Suomenlahdella on tällä hetkellä noin 0,5–0,6 %, mikä on erittäin alhainen (Marine Finland, 2021). Itämeren suolapitoisuuden odotetaan laskevan 0,3 promillea RCP4.5-skenaariossa ja 0,5 promillea RCP8.5-skenaariossa vuoteen 2069–2088 mennessä verrattuna vuosien 1976–2005 tasoihin (Gustafsson ym. 2021).

L 1.5.3 Meren pinnan kohoaminen

Suomessa keskimääräinen merenpinnan korkeus riippuu 1) globaalista merenpinnasta ja sen muutoksista, 2) keskimääräisistä tuulista ja 3) maankohoamisesta. Muutoksia ei ole mahdollista ennustaa tarkasti, varsinkaan kun ei ole lainkaan selvää, miten jäätiköiden sulaminen ja meriveden lämpölaajeneminen lopulta heijastuvat merenpinnan korkeuteen ja miten nämä vaikutukset jakautuvat eri puolille maapalloa. (Mäkelä ym. 2016.) Suomen etelärannikolla keskimääräisen merenpinnan arvioidaan nousevan, jolloin kiinteistöille voi aiheutua tulvariskejä. Maankohoaminen suojaa Suomen rannikkoa merenpinnan nousulta erityisesti Pohjanlahdella, jossa merenpinta voi jopa laskea. Korkeimmilla skenaarioilla merenpinta voi kuitenkin Pohjanlahdellakin hieman nousta (ks. Merivesitulva).

L 1.5.4 Vesistressi ja kuivuus

Vesistressi syntyy, kun veden tarve ylittää käytettävissä olevan määrän tietyn ajanjakson aikana tai kun veden huono laatu rajoittaa sen käyttöä. Suomessa vesihuolto on tarkkaan säädeltyä ja vesihuoltolaitoksilta edellytetään kattavaa riskienhallintaa ja varautumista poikkeustilanteisiin, mukaan lukien ilmastonmuutokseen sopeutuminen. Suomessa ei ole kuitenkaan tehty tutkimusta siitä, minkälaiset valmiudet 1100 vesihuoltolaitoksella todellisuudessa on kohdata eri ilmastovaikutuksia, joten alueellinen vaihtelu voi olla merkittävää. Globaalisti verraten vesistressi on Suomessa erittäin alhaista. (Suomen ilmastopaneeli 2019.)

Ilmastonmuutoksen vesihuollolle aiheuttamat riskit jakautuvat maantieteellisesti Suomen sisällä epätasaisesti. Erityisesti kuivuuden aiheuttamien haittojen riskin arvioidaan olevan suurin Etelä- ja Lounais-Suomessa järvien vähyyden ja pohjavesiesiintymien hajanaisuuden sekä vesivarojen suuren hyödyntämisasteen vuoksi. Lisääntyvien sateiden myötä myös epäpuhtaudet vesistöissä todennäköisesti lisääntyvät. Kiinteistöt, jotka eivät kuulu yleisen vesijohtoverkoston piiriin, ovat lähtökohtaisesti alttiimpia vesihuollon ongelmille. (Ahopelto ym. 2019.)

Riskin merkittävyys vaihtelee myös kiinteistön käyttötyypin mukaan, esimerkiksi asuinrakennukset ovat riskin suhteen haavoittuvampia kuin varastorakennukset.

Kuivuuden ei itsessään tiedetä aiheuttavan merkittäviä riskejä kiinteistöille. Se voi kuitenkin altistaa muun muassa maaperän huonontumiselle tai maaperän kantavuuden heikentymiselle, jotka on käsitelty omina riskeinään.

L 1.5.5 Jäätikköjärven purkautuminen

IPCC:n (6. raportti, 2021) mukaan jäätiköt jatkavat kutistumistaan (korkea varmuus). Suomea lähimmät jäätiköt sijaitsevat Norjassa, Ruotsissa ja Venäjällä. Suomalaiset kiinteistöt eivät ole jäätikköjärvien mahdollisten purkautumistulvien vaikutuspiirissä, minkä vuoksi jäätikköjärvien purkautumisesta aiheutuvia välittömiä riskejä ei ole tunnistettavissa.

L 1.6 Maastopalot

Maastopalojen esiintyminen liittyy voimakkaasti kuivuuteen. Suomessa Ilmatieteen laitos ennustaa maastopalojen ja ruohikkopalojen vaaraa ja antaa tarvittaessa näitä koskevia metsä- tai ruohikkopalovaroituksia. Ennusteet perustuvat maanpinnan pintakerroksen (3 tai 6 cm:n pintakerros) kuivuuden arviointiin. Varoituksia annetaan yleensä kevään ja syksyn välisellä jaksolla.

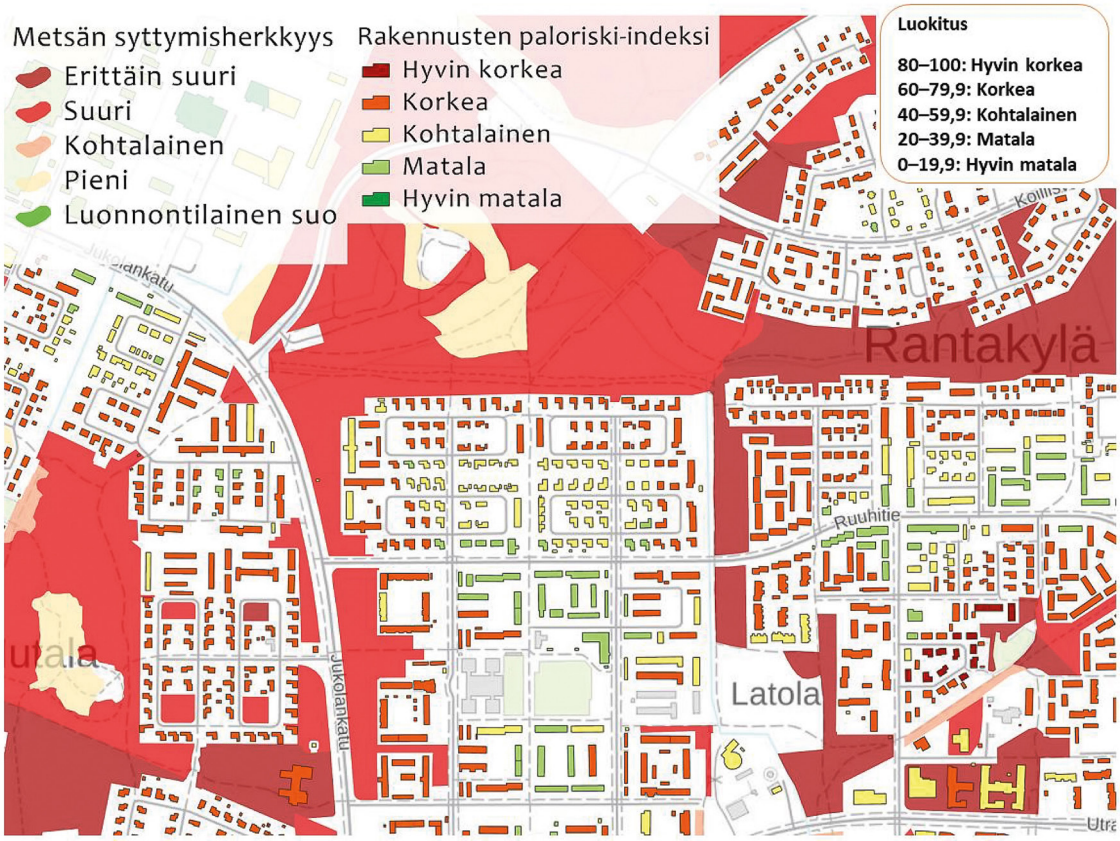
Maa- ja metsätalousministeriön rahoituksella MARISKA-hankkeessa (Maastopalojen riski- ja torjuntakarttojen skaalaus) on tutkittu avoimeen metsävaratietoon pohjautuvaa paloriskien arviointia (Leminen, 2022). Maastopalot voivat syttyä ja levitä luonnollisista syistä, joita ovat muun muassa salamat, kuivuus, kova tuuli sekä kuuma ilma. Myös maaperän eroosio ja maaston ominaispiirteet, kuten puuston rakenne, vaikuttavat maastopaloriskiin ja syttymisherkkyyteen. Ilmaston muuttuessa näiden ääri-ilmiöiden lisääntyminen lisää siten myös maastopalojen riskiä. Lämpötilojen kohoaminen on pohjoisilla alueilla maapallon keskiarvomuutosta suurempaa, joten myös maastopaloriski kasvaa pohjoisilla alueilla.

Suomessa kuivahkot, kuivat ja karukkokankaat ovat syttymisherkkyydeltään korkeimman riskin aluetta. Lehtomaisten kankaiden ja lehtojen alueella syttymisherkkyys on pienin. Korkean intensiteetin latvapalon riski on korkein tuoreen kankaan erirakenteisissa metsissä (Leminen, 2022).

Suomessa ja maailmalla yksi merkittävä maastopalojen syttymissyy on ihmisen varomaton toiminta tulen käsittelyssä. Tulevaisuudessa, maaston ollessa kuivuuden takia herkempi syttymään, on todennäköistä, että myös ihmisen toiminnan aiheuttamien maastopalojen määrä kasvaa.

Maastopaloriskin kasvun vaikutus rakennuskantaan ei ole yksiselitteinen, eikä numeerista ennustetta riskin kasvamisesta rakennuskannan näkökulmasta ole annettu. Suomessa laajojen maastopalojen riskit kohdistuvat alueille, joissa rakennuksia on lukumääräisesti vähän. Paloalueiden rajaamista puolestaan helpottavat Suomen runsaslukuiset vesistöt ja kattava metsätieverkosto.

Vaikka maastopalojen riski kasvaa myös Suomessa, rakennuksiin kohdistuva riski koskee jatkossakin pientä osaa Suomen rakennuskannasta.



Kuva L1.9 Esimerkki maastopaloriskistä kaupunkialueella (lähde Leminen, 2022).

L 1.7 Syklonit, hurrikaanit, taifuunit ja pyörremyrskyt

Trooppisia voimakkaita myrskyjä kutsutaan sykloneiksi, hurrikaaneiksi tai taifuuniksi sen perusteella, missä ne ovat muodostuneet. Ne vaikuttavat trooppisiin merialueisiin päiväntasaajan molemmin puolin. (Ilmatieteen laitos.) Syklonit, hurrikaanit tai taifuunit eivät nykytiedolla ole relevantteja Suomessa. Trooppiset myrskyt voivat vaikuttaa tuleviin myrskyihin Euroopassa, koska hurrikaanit voivat kulkea Eurooppaan ja voimistua uudelleen vahingollisiksi tuulimyrskyiksi. Yleensä ne iskevät Länsi-Eurooppaan, mutta osa siirtymässä olevista sykloneista voi saavuttaa jopa Suomen ja aiheuttaa vahinkoja erityisesti metsätaloudelle. Ilmaston lämpenemisen vuoksi hurrikaanien syntymisalue laajenee itään meren pintalämpötilojen noustessa (Gregow ym., 2020). Lisäksi Michaelisin ja Lackmannin tutkimus (2019) ennustaa, että Pohjois-Atlantilla on 21. vuosisadan loppuun mennessä vuosittain yksi tai kaksi enemmän trooppista alkuperää olevaa syklonia (RCP8.5). Trooppisten myrskyjen riskin Suomessa voidaan arvioida kuitenkin olevan hyvin vähäinen seuraavien 30–50 vuoden aikana.

Pyörremyrskyjä kutsutaan Suomessa trombeiksi. Suomessa on vuosittain noin 14 trombia, joista suurin osa on alimmalla F0-tasolla, jossa tuule nopeus on alle 33 m/s (Ilmatieteen laitos). Maailmalla käytetyssä Fujia-asteikossa on kuusi eri luokkaa: F0–F5. Luokka määritetään syntyneiden tuhojen perusteella, joten se, mihin trombi sattuu osumaan, vaikuttaa luokitukseen. Trombit voivat aiheuttaa vahinkoja kiinteistöille samalla tavoin kuin myrskyt yleisesti (ks. Myrsky). (Ilmatieteen laitos, Groenemeijer ym. 2016.)

L 1.8 Ikiroudan sulaminen

Ikiroudan sulaminen ei ole merkittävä riski, sillä Suomessa ikiroutaa ei ole muualla kuin aivan Käsivarren päässä Lapissa alueella, jossa ei ole rakennuksia eikä tieverkostoa (Arktinen keskus, Lapin yliopisto).

L 1.9 Maamassoihin ja maaperään liittyvät riskit

L 1.9.1 Maaperän ja rannikon eroosio

Suomen olosuhteissa maaperän eroosio koskee yleensä merkittävämmin vain piharakenteita ja pihaalueita. Syntyneet eroosiovauriot voivat kuitenkin ohjata vesiä kohti rakennuksia ja niiden kellaritiloja. Uhka rakennuksille on yleisesti vähäinen ja koskee vain osaa rakennuskannasta. Kaupunkialueilla katualueet on usein päällystetty ja viheralueiden kasvillisuus sitoo maamassat, jolloin eroosiovauriot jäävät rajallisiksi.

Sateiden ja erityisesti rankkasateiden lisääntyessä eroosiovaurioiden mahdollisuus kasvaa tulevaisuuden ilmastossa. Eroosiovaurioita voi esiintyä myös talvikaudella, jos tulee runsaita vesisateita maaperän ollessa vettynyt ja sulana. Lisääntyvät ongelmat koskevat lähtökohtaisesti kuitenkin niitä alueita, joissa ongelma ja riski on jo tällä hetkellä olemassa. Näitä ovat erityisesti jyrkät rinteet ja pintamateriaaliltaan vaihtelevat kohdat, joissa maanpinnalla virtaavan veden nopeus kasvaa ja vaihtelee.

Suomen rannikkoalueet ovat sisämeren rannalla, jossa eroosio on huomattavasti vähäisempää kuin valtamerien rannoilla. Keskimääräinen aallonkorkeus jää Suomen rannikoilla matalaksi, ja toisaalta maa- ja kallioperä rannikkoalueilla on suhteellisen lujaa ja kasvillisuus ulottuu lähelle vesirajaa. Ääri-ilmiöiden lisääntyessä myös rannikon eroosion riski sekä eroosion haitat kasvavat jonkin verran. Tämä koskee lähinnä yksittäisiä rakennuksia sekä muita rantarakenteita ja paikkoja, joissa ongelmaa voi jo nykyisellään esiintyä.

L 1.9.2 Maanvyöryt ja -sortumat sekä vettyneen rinnemaan valuminen

Maanvyörymät ja sortumat sekä rinnemaan valuminen ovat Suomessa harvinaisia ilmiöitä. Tähän vaikuttaa ennen kaikkea Suomen yleensä loivat maastonmuodot. Maansortumille altistavia savikoita esiintyy, mutta ne ovat yleisesti tasamaalla. Savikoiden ongelmana Suomessa onkin yleisemmin rakennusten epätasaiset painumat kuin äkilliset sortumat.

Maaperän perusominaisuuksia voi tarkastella esimerkiksi Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) Maankamara-karttapalvelusta. Tonttien välillä ja tonttien sisällä pohjaolosuhteet voivat vaihdella merkittävästi, joten tarkin tieto maaperän olosuhteista saadaan aina pohjatutkimuksesta.

Maanvyörymien ja -sortumien sekä vettyneen rinnemaan valumisen riski kasvaa ilmaston muuttuessa, kun maaperä on aiempaa useammin ja pidempään vettynyttä. Suurimmat riskit ovat savimaalla olevilla alueilla, joissa on suuria korkeuseroja sekä jyrkkiä rinteitä, törmiä tai muita sortumille altistavia maastonmuotoja.

L 1.9.3 Maaperän huonontuminen

Suomessa maaperän kannalta keskeisten huonontumisprosessien tunnistaminen on parhaillaan vielä käynnissä. Suomessa muun Euroopan tavoin maan ottaminen rakennuskäyttöön on tunnistettu yhdeksi keskeiseksi maaperän huonontumisen syyksi, joka johtaa maaperän ekosysteemipalveluiden merkittävään ja palautumattomaan menetykseen.

Myös maaperän pilaantumiseen liittyvät ongelmat ovat usein rakennetussa ympäristössä tai sen läheisyydessä. Ilmastoon liittyvä maaperän huonontuminen on Suomessa keskimääräistä vähäisempää, sillä eroosion, tulvien, maanvyörymien ja suolaantumisen vaikutukset ovat vähäisiä. Maatalouden ja metsäteollisuuden vaikutuksia on kuitenkin aiheellista tarkastella myös Suomessa. Ilmaston muuttuessa ja sään ääri-ilmiöiden lisääntyessä myös maaperän huonontumisen riski kasvaa ja huonontuminen voi nopeutua.

LIITE 2 ESIMERKKEJÄ TARKASTELUN SUORITTAMISESTA

Tässä liitteessä havainnollistetaan esimerkkien avulla riskitarkastelun suorittamista. Tarkoituksena ei ole käydä läpi yksittäisen rakennuksen kaikkia ilmastoriskejä, vaan osoittaa esimerkkien avulla, kuinka rakennusten välille syntyy eroja ja kuinka tarkastelu etenee loogisesti yleisistä näkökulmista tarkempiin yksityiskohtiin. Esimerkeissä on käytetty oletuksiin perustuvia lähtötietoja. Todellisen kohteen tarkemmassa tarkastelussa kohteen lähtötietojen kerääminen ja läpikäyminen vaikuttavat oleellisesti tarkastelun työmäärään.

L 2.1 Uudiskohteet: palvelurakennukset A ja B

Viereisille tonteille suunnitellaan kahta palvelurakennusta, joista toinen on peruskoulu (rakennus A) ja toinen ikääntyneiden ympärivuorokautinen tuettu asumisyksikkö (rakennus B). Kohteet sijaitsevat sisämaassa kaupunkiympäristössä.

Uudiskohteissa on keskeistä tunnistaa, missä vaiheessa suunnittelua ilmastoriskien arviointia suoritetaan. Ilmastoriskien arviointia voidaan käyttää suunnittelun alkuvaiheessa suunnittelua ohjaavana ja tukevana työkaluna tai suunnittelun loppuvaiheessa apuna suunnitelmien tarkastelussa. Mitä aiemmassa vaiheessa hanketta ilmastoriskien tarkastelu tehdään, sitä paremmin sillä voidaan ohjata hankkeen sisältöä. Hyvien käytänteiden mukaisessa suunnittelussa muuttuva ilmasto otetaan huomioon ja tällöin ilmastoriskien tarkastelu voi olla pitkälti toteavaa.

Lämpökuorma

Ilmaston muuttuessa lämpökuormitus kasvaa rakennusten sijaintipaikan ilmastossa. Aiempaa pidemmät hellejaksot ja korkeat lämpötilat ovat todennäköisiä. Alueella ei ole luontaisia viilentäviä elementtejä, kuten viheralueita tai varjostavia rakennuksia. Rakennusten suunnitellulla sijaintipaikalla lämpösaarekeilmiö korostuu. Lämpökuormituksen aiheuttama ilmastoriski on siten todennäköinen molemmissa rakennuksissa.

Koulurakennus (A) on tyhjillään kesäkuun, heinäkuun ja puolet elokuusta. Korkeita lämpötiloja voi kuitenkin esiintyä myös toukokuussa, elokuun loppupuolella ja syyskuussa. Seuraamusluokan määrittely vaatii tarkempaa tarkastelua, ja lopulliseen seuraamusluokkaan vaikuttavat useat tekijät:

- Jos pitkäkestoista oleskelua vaativat keskeiset käyttötilat sijoittuvat varjon ja suojan puolelle, ei lämpökuormitus välttämättä haittaa rakennuksen käyttöä tai haitta jää mahdollisesti vähäiseksi. Tällöin seuraamusluokka arvioidaan tasoon vähäinen.
  - Lämpökuormat ovat rakennuksessa mahdollinen riski, mutta sopeutumisratkaisujen esittäminen ei oppaan periaatteiden mukaisesti ole välttämätöntä.
- Jos opetustilat painottuvat auringon puolelle ja tiloihin vaikuttaa merkittävä sisäinen lämpökuorma, kuten esimerkiksi tietokoneluokan hukkalämpö, voi hellejakso rajoittaa tilojen tarkoituksenmukaista käyttöä. Seuraamusluokka on tällöin vähintään kohtalainen.
  - Lämpökuormat ovat rakennuksessa merkittävä riski, ja sopeutumisratkaisuja tulee esittää.
  - Ensisijainen sopeutumisratkaisu voisi olla sisätilojen olosuhteiden simulointi, jonka avulla tunnistetaan, mihin tiloihin lämpökuormien riski liittyy ja kuinka suuri se tarkalleen ottaen on. Lisäksi simulaatiolla voidaan kartoittaa, mitä vaihtoehtoja olosuhteiden hallintaan on.

Asumisyksikön (rakennus B) käyttäjät kuuluvat riskiryhmään, jossa kuolleisuuden tiedetään väestötasolla kasvavan hellejaksojen aikana. Rakennuksen käyttöä ohjaamalla ei voida vaikuttaa olosuhteisiin, joissa palvelurakennuksen käyttäjät asuvat. Kohonneen kuolleisuusriskin yhteyttä tiettyyn rakennukseen ei välttämättä voida yksiselitteisesti osoittaa, mutta lämpökuormituksen seuraamusluokkaa on joka tapauksessa pidettävä korkeana tai erittäin korkeana.

Esimerkin B mukaisessa uudiskohteessa lämpökuormitus tulisi huomioida osana normaalia suunnittelua. Jos ilmastoriskien arviointivaiheessa ilmenee, että lämpökuormiin liittyviä tarkasteluja ei ole jo sisällytetty kohteen suunnitteluun, tulee sisätilojen olosuhteiden simulointi ja jäähdytystarpeen tarkempi tarkastelu esittää sopeutumisratkaisuina. On todennäköistä, että pelkkä tarkempi tarkastelu ei riitä, vaan tarkastelun lisäksi tarvitaan konkreettisia toimia sisätilojen olosuhteiden hallintaan. Niitä voisivat olla esimerkiksi jäähdytysjärjestelmän ja passiivisen aurinkosuojauksen suunnittelu.

Muita ilmastoriskejä

Rakennusten A ja B kuvitteellisella sijainnilla useat ilmastoriskit – esimerkiksi meriveteen liittyvät riskit, kaikki tulvamuodot, maaperän liittyvät riskit, ikiroudan sulaminen sekä maastopalot – voidaan todeta äärimmäisen epätodennäköisiksi.

Lämpökuormien lisäksi osa muista lämpötilaan, veteen tai tuuleen liittyvistä ilmastoriskeistä arvioidaan rakennusten A ja B osalta mahdollisiksi tai todennäköisiksi, jolloin riskien seuraamusluokat ja tarvittavat sopeutumisratkaisut tulee arvioida.

L 2.2 Uudiskohde: kauppakeskus C

Vuonna 2000 rakennettu kauppakeskus sijaitsee rannikon kasvukeskuksessa tasamaatontilla. Pysäköinti on järjestetty avoimella parkkipaikalla. Rakennuksessa ei ole maanalaisia kellaritiloja.

Rakennuksen historian aikana läheinen ympäristöään alempi risteysalue on tulvinut säännöllisesti rankkasateiden yhteydessä. Vesi on muutamia kertoja noussut myös kauppakeskuksen parkkipaikalle ja kertaalleen myös kauppakeskuksen liiketiloja sisältävään pohjakerrokseen.

Tontin ympäristöön ei nykytietojen mukaan kohdistu muutoksia, joten tontin ulkopuolelta aiheutuvan hulevesitulvan riskiin ei ole tulossa muutosta.

Kauppakeskuksen omistaja suunnittelee kauppakeskuksen mittavaa uudistamista 5–10 vuoden kuluttua.

Hulevesitulva

Tonttia koskeva hulevesitulva on toistunut useita kertoja noin 25 vuoden aikana ja noussut kertaalleen myös kauppakeskuksen pohjakerrokseen asti. Hulevesitulvan toistuvuusaika on historiatiedon valossa lyhyt, ja ilmastonmuutoksen myötä riskin arvioidaan kasvavan. Ilmastoriskiä voidaan pitää todennäköisenä.

Syntyvä taloudellinen vahinko arvioidaan merkittäväksi jo nykyilmastossa, kun sitä tarkastellaan 25 vuoden ajanjaksolla. Hulevesitulvissa arvioidaan tuhoutuvan liikkeiden omaisuutta (mm. autokauppa), minkä lisäksi kauppakeskuksen käyttö todennäköisesti estyy tulvavahinkojen korjausten ajaksi. Rakennetekniikan osalta riskin arvioidaan liittyvän kuivatuksen tarpeeseen ja pintamateriaalien vaurioihin. Talotekniikan osalta riskin arvioidaan liittyvän sähköistykseen ja automatiikkaan. Seuraamusluokka arvioidaan kokonaisuutena korkeaksi.

Hulevesitulvan riski arvioidaan merkittäväksi, ja sopeutumisratkaisuja tulee esittää.

Yksi potentiaalinen sopeutumisratkaisu voisi olla kauppakeskuksen parkkipaikan hyödyntäminen tulva-alueena, jolle tontille päätyvä hulevesi johdetaan niiltä osin kuin tontin oma hulevesijärjestelmä ei pysty tulvavettä käsittelemään. Risteyksen tulvimisen syynä on todennäköisesti kunnallisen hulevesijärjestelmän kapasiteetin riittämättömyys, jolloin tontin hulevesiviemäreiden kasvattamisella ei voida ratkaista tonttia koskevaa ongelmaa.

Hulevesitulvan esiintymisen ennakointi arvioidaan vaikeaksi ja vaadittu reagointiaika lyhyeksi. Tämä sulkee pois mahdollisuuden käyttää kauppakeskuksen ovilla väliaikaisia tulvaesteitä, vaikka ne voisivat muuten olla potentiaalinen vaihtoehto tulvatilanteessa.

Oleelliseksi kysymykseksi jää, toteutetaanko parkkipaikan hyödyntäminen tulva-alueena jo ennen tulevaa kauppakeskuksen uudishanketta vai vasta sen yhteydessä. Kiinteistönomistajan näkemyksellä on merkittävä painoarvo toimenpiteiden aikataulutuksessa.

L 2.3 Karkea tarkastelu suppeilla lähtötiedoilla

Osa ilmastoriskeistä on sellaisia, että niiden osalta karkean tason tarkastelu voidaan tehdä varsin suppeilla lähtötiedoilla. Esimerkissä lähtötietona on vain kohteen osoite. Internetin karttapalveluista saadaan kuitenkin ajantasainen katunäkymä ja ilmakuva rakennuksesta.

Julkisivujen viistosaderasitus ja kosteusrasitus

Lähtötietojen perusteella voidaan päätellä rakennuksen sijaintipaikan ilmastotyyppi, rakennuksen korkeus, julkisivumateriaaleja sekä julkisivun monimuotoisuus. Näistä saadaan alustava arvio rakennuskohtaisesta viistosaderasituksen ja kosteusrasituksen todennäköisyydestä ja voidaan tunnistaa tarkempaa tarkastelua vaativat kohteet.

Karkean tason tarkastelussa voidaan rakennuksesta ja sen rakennetyypeistä tunnistaa keskeisimpiä tekijöitä, jotka vaikuttavat lopulliseen, syventävässä tarkastelussa tehtävään arvioon ilmastoriskin merkittävyydestä. Esimerkiksi tuulettuvassa julkisivurakenteessa (rakennus E) riskin suuruuteen vaikuttavat tuulensuojakerroksen toteutustapa (esim. sadetakkipelti vai ei) sekä tuuletusväliin päässeen veden poisjohtamisen periaatteet. Jos kohteesta saadaan käyttöön suunnitelmat, voidaan riskiä lisäävät tekijät tunnistaa tai poissulkea varsin kevyellä tarkastelulla. Taulukkoon L.2.1 on koostettu kolmen kohteen esimerkki.

Taulukko L2.1 Kolmen esimerkkikohteen julkisivurakenteen viistosaderasitukseen liittyvät tarkastelut.

Rakennus	Sijainti, ilmasto-tyyppi	Korkeus	Julkisivu-rakenne	Julkisivun monimuo-toisuus	Viistosade ja/tai kosteus-rasitus ovat riskitekijöitä	Tarkempaa tarkastelua vaativia asioita
D	Sisämaa, suojaisa lähiö	5 kerrosta	Betoni-elementti	Yksinkertainen	Epätodennäköinen	–
E	Rannikko-vyöhyke	14 kerrosta	Tuulettuva julkisivu-rakenne	Yksinkertainen	Todennäköinen	Tuulensuoja-kerroksen toteutustapa, vedenpoiston toimivuus
F	Rannikko-vyöhyke	5 kerrosta	Tiilijulkisivu	Monimuotoinen	Mahdollinen	Muurauksen tuulettuvuus, vedenpoiston toimivuus

Seuraamusluokan valinnassa oleellinen kysymys on, rajautuuko todennäköinen vaurio vain julkisivumateriaaleihin vai voiko vauriosta aiheutua ulkovaipparakenteen mikrobivaurioita ja edelleen sisäilman laadun heikkenemistä ja rakennuksen käyttäjien altistumista haitallisille olosuhteille.

Huonosti suunnitellussa ja toteutetussa esimerkin E mukaisessa rakennuksessa kosteus- ja mikrobivauriot voisivat olla vakavia ja laaja-alaisia ja seuraamusluokka siten esimerkiksi korkea. Esimerkin F mukaisessa hyvin tuulettuvassa muuratussa ja monimuotoisessa julkisivussa vauriot voisivat rajautua vain siihen, että osa tiilistä rapautuu nopeammin ja seuraamusluokka olisi silloin vähäinen. Suojaisessa sisämaan betonielementtikohteessa (esimerkki D) seuraamusluokka voisi olla vähäinen ja vahingot lähinnä maalipintojen pesutarpeeseen ja kulumiseen liittyviä.

Ilmastoriskit viistosaderasituksen osalta näissä kohteissa olisivat siten

- rakennus D: ei riskiä
- rakennus E: merkittävä riski
- rakennus F: vähäinen riski.

LIITE 3 SUOSITUS EU-TAKSONOMIAN SOVELTAMISEKSI

L 3.1 EU-taksonomia ja KIRA-ala

EU-taksonomia koskee laajasti koko rakennettua ympäristöä ja kiinteistö- ja rakentamisalaa. Esimerkiksi rakennusten hankkiminen ja omistaminen, uusien rakennusten rakentaminen ja rakennusten korjaaminen ovat kaikki taksonomialainsäädännön piirissä olevia taloudellisia toimintoja.

EU-taksonomia eli kestävän rahoituksen luokittelujärjestelmä on osa EU:n rahoitusjärjestelmän uudistusta, jossa kytketään yhteen yritysten rahoitus sekä ilmasto- ja ympäristötavoitteiden toimeenpano. Tavoitteena on suunnata pääomia kestävään liiketoimintaan ja vihreään talouteen. Taksonomia luokittelee yritysten investointeja ja muita rahoitushankkeita sen perusteella, kuinka kestävinä niitä pidetään ilmaston ja ympäristön näkökulmasta. Luokittelu perustuu taksonomia-asetukseen (EU) 2020/852 ja sitä täydentäviin delegoituihin säädöksiin.

EU-taksonomian mukaan taloudellinen toiminta on ympäristön kannalta kestävää, kun sosiaaliset vähimmäissuojatoimenpiteet täyttyvät ja toiminta edistää merkittävästi vähintään yhtä ympäristötavoitetta eikä aiheuta merkittävää haittaa millekään muulle ympäristötavoitteelle. Taksonomiassa on määritelty yhteensä kuuden eri ympäristötavoitteen näkökulmasta kriteerit, jotka taksonomian mukaisesti raportoitavan taloudellisen toiminnan on täytettävä. Yksi kuudesta EU-taksonomian ympäristötavoitteesta koskee ilmastonmuutokseen sopeutumista (taksonomia-asetus, EU, 2020/852, 3. artikla), minkä vuoksi kaikilta taksonomian mukaisesti raportoitavilta talonrakennusalan hankkeilta edellytetään ilmastoriskien tarkastelua.

EU:n taksonomialainsäädäntö edellyttää jo nykyisin taksonomiaraportointia kaikilta kestävää rahoitusta tarjoavilta tahoilta sekä suurilta listatuilta yrityksiltä. Taloudellisten kannusteiden vuoksi taksonomian mukaisuuteen pyrkiminen on taksonomiaraportoinnin piirissä oleville tahoille lähes välttämätöntä. Lähivuosina lakisääteisen taksonomiaraportoinnin piirissä olevien yritysten määrä kasvaa ja raportointi on tulossa auditointivelvollisuuden piiriin. Suurten yritysten arvoketjujen kautta taksonomiaraportoinnin vaatimukset ulottuvat jo nykyisin myös pk-yrityksiin.

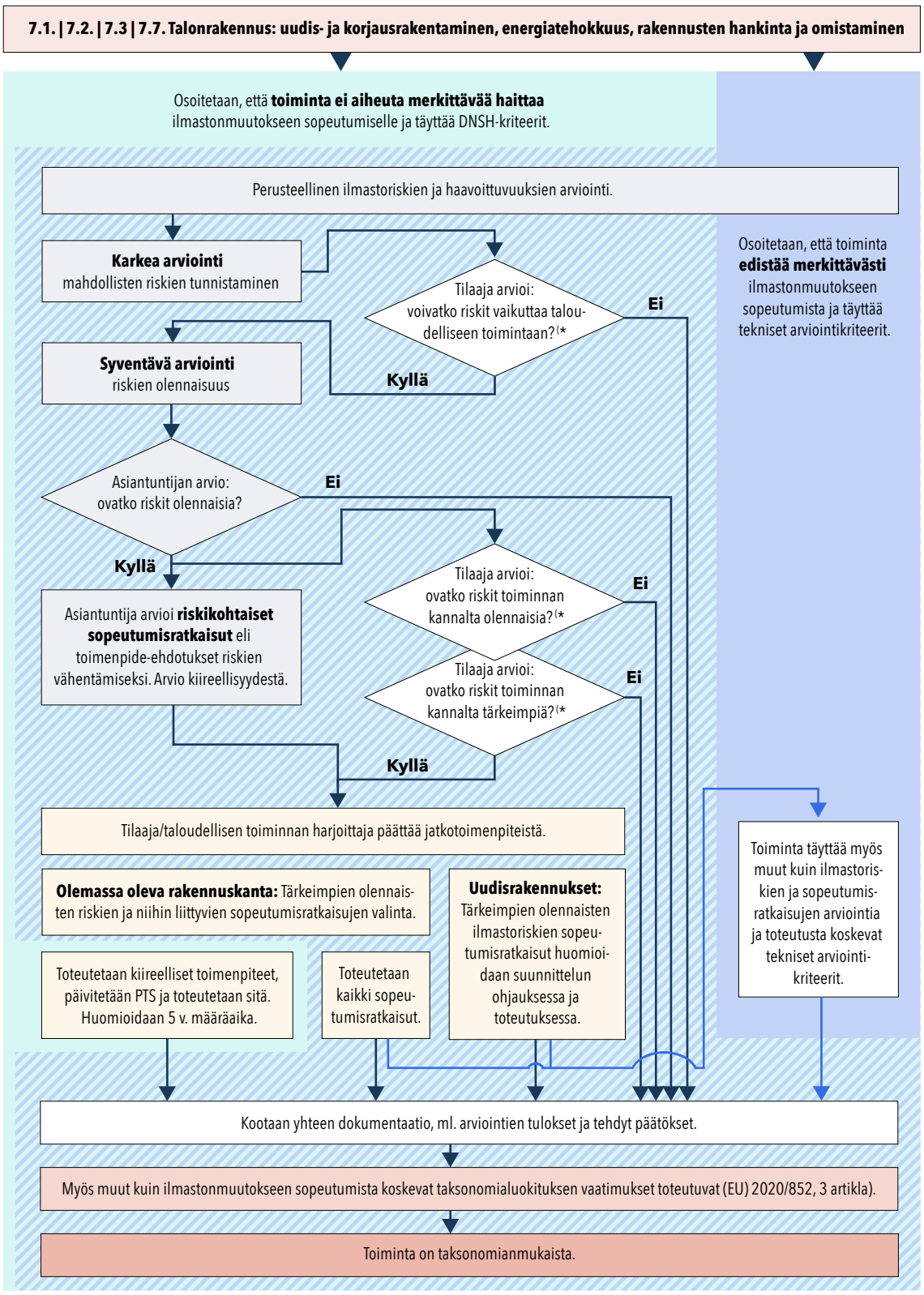
L 3.2 Ilmastonmuutokseen sopeutumista koskevat kriteerit

EU-taksonomian mukaan rakennusten hankinta ja omistaminen sekä uudis- ja korjausrakentaminen voivat olla taksonomian mukaisia vain, jos ne eivät aiheuta merkittävää haittaa ilmastonmuutokseen sopeutumiselle. Tämä ehto toteutuu silloin, kun toimintaan liittyvät olennaiset ilmastoriskit on arvioitu ja kun riskien vähentämiseksi tarvittavat sopeutumisratkaisut on suunniteltu ja tarpeen mukaan toteutettu.

Ilmastonmuutokseen sopeutumisen merkittävää edistämistä koskevissa kriteereissä on ”ei merkittävää haittaa” -kriteereihin nähden lisävaatimuksena mm. se, että tunnistetut sopeutumisratkaisut on otettu käyttöön. Tätä sopeutumisratkaisujen käyttöönottoa koskevaa velvoitetta komissio on halunnut vuoden 2023 tiedonannossaan erikseen täsmentää (komission tiedonanto 2023/267).

Kuvaan 2.1 on koottu tämän oppaan suositukset säädöksen (EU) 2021/2139 soveltamiseksi kira-alalla. Lähtökohtana on se, että ilmastonmuutokseen sopeutumisen osalta toiminnan on täytettävä joko ”ei merkittävää haittaa” -kriteerit tai merkittävän edistämisen kriteerit. Molemmissa tapauksissa rakennuksen ilmastoriskit ja sopeutumisratkaisut on arvioitava ja arviointi on suositeltavaa tehdä tässä oppaassa esitetyn mukaisesti. Ilmastoriskien ja sopeutumisratkaisujen arviointi edellyttää asiantuntijaosaamista, johon nojaavat työvaiheet on merkitty kuvassa L3.1 olevaan vuokaavioon harmaalla pohjalla.

Taksonomialainsäädännön mukaan perusteelliseen ilmastoriskien ja haavoittuvuuden arviointiin on sisällytettävä arviot siitä, onko taloudellinen toiminta ilmastoriskien vuoksi vaarassa ja ovatko ilmastoriskit taloudelliseen toimintaan nähden olennaisia. Tämä opas suosittelee, että taloudellisesta



Kuva L3.1 Toiminnan taksonomian mukaisuuden osoittaminen kira-alalla. Suositus säädöksen (EU) 2021/2139 soveltamiseksi.

***) Tilaajan on noudatettava arvioinnissa asianmukaista huolellisuutta, johon liittyviä velvoitteita on kuvattu OECD:n vastuullista liiketoimintaa koskevissa ohjeissa ((EU) 2020/852, (EU) 2021/2139, TEM 2023, Piirto 2019).**

toiminnasta vastaava taho arvioi ilmastoriskien vaarallisuuden ja olennaisuuden niiltä osin kuin arvion kohteena ovat riskien vaikutukset kyseiseen taloudelliseen toimintaan. Samoin opas suosittelee, että taloudellisesta toiminnasta vastaava taho määrittelee, mitkä ovat toiminnan kannalta tärkeimpiä toimintaan olennaisesti liittyviä ilmastoriskejä, joita on taksonomiasäädöksen mukaan vähennettävä sopeutumisratkaisuilla.

Asiantuntija arvioi sopeutumisratkaisut eli toimittaa tilaajalle (taloudellisen toiminnan harjoittajalle) ehdotuksen ilmastoriskien vähentämiseksi tarvittavista toimenpiteistä ja niiden kiireellisyydestä. Tilaajan tehtävänä on päättää jatkotoimenpiteistä EU-taksonomian säädökset huomioiden.

”Ei merkittävää haittaa” ilmastonmuutokseen sopeutumiselle -periaatteen mukaan taloudellisen toiminnan harjoittaja toteuttaa olemassa olevissa rakennuksissa sopeutumisratkaisuja ”enintään viiden vuoden ajan”. Opas suosittelee, että toiminnan harjoittaja soveltaa viiden vuoden määräaikaa siten, että hän huomioi asiantuntijan laatiman sopeutumisratkaisujen ja toimenpide-ehdotuksen kiireellisyysluokituksen, päivittää viipymättä kiinteistön pitkän aikavälin ylläpitosuunnitelman (PTS) ja toteuttaa kiireelliset toimenpiteet suunnitelmallisesti ja vaiheittain viiden vuoden kuluessa.

Jos taloudellinen toimija ottaa rakennuksissa käyttöön kaikki tärkeimpien olennaisten ilmastoriskien sopeutumisratkaisut ja jos toiminta täyttää myös muut kuin ilmastoriskien ja sopeutumisratkaisujen arviointia ja toteutusta koskeva tekniset arviointikriteerit, voi edellytys ilmastonmuutokseen sopeutumisen merkittävästä edistämisestä täyttyä.

Uudisrakennusten osalta ehdoton edellytys taksonomian mukaisuudelle on se, että tärkeimpien olennaisten ilmastoriskien sopeutumisratkaistut huomioidaan suunnittelun ohjauksessa ja toteutuksessa. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että rakennus on suunniteltava ja toteutettava tulevaisuuden ilmaston edellyttämällä tavalla.

Ilmastoriskien ja sopeutumisratkaisujen arviointi ja ilmastonmuutokseen varautuminen edellyttävät tiivistä yhteistyötä, jonka osapuolina ovat riskien arvioinnista vastaava asiantuntija ja taloudellisesta toiminnasta vastaava tilaaja. Taloudellisesta toiminnasta vastaavalla taholla on paras näkemys taloudellisen toiminnan haavoittuvuudesta ja toiminnan odotetusta elinkaaresta. Asiantuntijan tehtävänä on puolestaan tuoda esiin ilmastoriskit, niihin liittyvät epävarmuudet ja toimenpiteet, jotka olisivat riskien vähentämiseksi tai poistamiseksi tarpeen.

Komission tiedonannossa (C/2023/267) on annettu täsmennyksiä siihen, kuinka ilmastoriskien ja sopeutumisratkaisujen arviointi tulisi suhteuttaa taloudellisen toiminnan laajuuteen ja sen odotettuun elinkaareen ja mitkä taloudellista toimintaa, ilmastoriskejä tai ilmastotietoa koskevat muutokset edellyttävät arvioinnin ja sopeutumissuunnitelman päivittämistä.

Tässä luvussa annettujen soveltamissuosituksen osalta on huomioitava, että taksonomia on uutta lainsäädäntöä eikä sen soveltaminen ole vielä vakiintunutta. Soveltamislinjausten muotoutumiseen tulevat vaikuttamaan asteittain ja Euroopan laajuisesti vakiintuvat toimintatavat, taksonomialainsäädännön kehittyminen, mahdolliset komissiolta saatavat lisätäsmennykset ja mahdolliset Euroopan unionin tuomioistuimen päätökset.

Tässä oppaassa esitetyt soveltamissuositukset on annettu oppaan laatimishetkellä käytössä olevan tiedon pohjalta. Oppaan tilaaja tai laatijat eivät ole vastuussa soveltamisohjeiden noudattamisen seurauksista, vaan kukin toimija joutuu soveltamaan EU-taksonomiaa oman toimintansa erityispiirteet huomioiden. EU-lainsäädännön sitova tulkinta kuuluu yksinomaan Euroopan unionin tuomioistuimen toimivaltaan.

Oppaan liitteeseen 3 on koottu otteet ilmastonmuutokseen sopeutumista koskevista taksonomiasäädöksistä ja niitä koskevasta komission tiedonannosta. ((EU) 2021/2139, komission tiedonanto (C/2023/267))

LIITE 4 OTTEITA TAKSONOMIAA KOSKEVISTA SÄÄDÖKSISTÄ JA EU-KOMISSION ANTAMISTA TEKNISISTÄ SELVENNYKSISTÄ

Sisällysluettelo

1. Ilmastonmuutokseen sopeutumista koskevat ”ei merkittävää haittaa” -periaatteen mukaiset yleiset kriteerit (EU 2021/2139, liite I, lisäys A, 3 sivua)

2. Ilmastonmuutokseen sopeutumisen merkittävä edistäminen, tekniset arviointikriteerit (EU 2021/2139, liite II, luku 7. Rakentaminen ja kiinteistöt)

3.Ilmastoon liittyvien uhkien luokittelu (EU, 2021/2139, liite II, lisäys A, 1 sivu)

4. Teknisiä selvennyksiä säädöksen (EU) 2021/2139 liitteen I, lisäyksen A kriteereihin, jotka koskevat ilmastonmuutokseen sopeutumisen ”ei merkittävää haittaa” -periaatetta (komission tiedonanto C/2023/267)

L 4.1 Ilmastonmuutokseen sopeutumista koskevat ”ei merkittävää haittaa” -periaatteen mukaiset yleiset kriteerit

EU 2021/2139, liite I, lisäys A

LISÄYS A: ILMASTONMUUTOKSEEN SOPEUTUMISTA KOSKEVAT ”EI MERKITTÄVÄÄ HAITTAA” -PERIAATTEEN MUKAISET YLEISET KRITEERIT

I. Perusteet

Toimintaan liittyvät olennaiset fyysiset ilmastoriskit on määritetty tämän lisäyksen II jakson taulukossa luetelluista riskeistä suorittamalla perusteellinen ilmastoriskin ja haavoittuvuuden arviointi, joka sisälsi seuraavat vaiheet:

a) toiminnan arviointi sen määrittämiseksi, mitkä tämän lisäyksen II jaksossa luetellut fyysiset ilmastoriskit voivat vaikuttaa taloudellisen toiminnan toteuttamiseen sen odotetun eliniän aikana;

b) jos toiminnan arvioidaan olevan vaarassa yhden tai useamman tämän lisäyksessä II jaksossa luetellun fyysisen ilmastoriskin vuoksi, ilmastoriskin ja haavoittuvuuden arviointi taloudellisen toiminnan fyysisten ilmastoriskien olennaisuuden arvioimiseksi;

c) arviointi sopeutumisratkaisuista, joilla määritettyä fyysistä ilmastoriskiä voidaan vähentää.

Ilmastoriskin ja haavoittuvuuden arviointi on suhteutettu toiminnan laajuuteen ja sen odotettuun elinkaareen siten, että

a) toiminnan, jonka odotettu elinkaari on alle 10 vuotta, arviointi suoritetaan vähintään käyttämällä ilmastoennusteita pienimmässä asianmukaisessa mittakaavassa;

b) kaikkien muiden toimintojen arvioinnissa käytetään uusinta teknologiaa hyödyntäviä korkeimman mahdollisen erottelutarkkuuden ilmastoennusteita nykyisissä tulevaisuuden skenaarioissa[320], jotka vastaavat toiminnan odotettua elinkaarta, mukaan lukien vähintään 10–30 vuoden ilmastoennusteet suurille investoinneille.

Ilmastoennusteet ja vaikutusten arviointi perustuvat parhaisiin käytäntöihin ja saatavilla oleviin ohjeisiin, ja niissä otetaan huomioon haavoittuvuutta ja riskianalyysia koskeva uusin tieteellinen tieto sekä hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin uusimpien raporttien[321], mukaiset menetelmät, vertaisarvioidut tieteelliset julkaisut ja avoimeen lähdekoodiin[322] perustuvat tai maksulliset mallit.

Olemassa olevia aineellisia hyödykkeitä käyttävän nykyisen ja uuden toiminnan osalta talouden toimija toteuttaa enintään viiden vuoden ajan fyysisiä ja muita kuin fyysisiä ratkaisuja (sopeutumisratkaisut), joilla vähennetään tärkeimpiä kyseiseen toimintaan olennaisesti liittyviä tunnistettuja fyysisiä ilmastoriskejä. Kyseisten ratkaisujen täytäntöönpanoa varten laaditaan vastaavasti sopeutussuunnitelma.

320 Tulevaisuuden skenaarioihin kuuluvat hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin kasvihuonekaasujen pitoisuuksien mahdolliset kehityskulut RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 ja RCP8.5.

321 Ilmastonmuutosta koskevat arviointiraportit: Yhdistyneiden kansakuntien ilmastonmuutokseen liittyvää tutkimustietoa arvioivan hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin (IPCC) säännöllisesti julkaisema raportti ”Impacts, Adaptation and Vulnerability”, https://www.ipcc.ch/reports/.

322 Esimerkiksi Euroopan komission hallinnoimat Copernicus-palvelut.

Talouden toimija sisällyttää uusia aineellisia hyödykkeitä käyttävään uuteen ja nykyiseen toimintaan sopeutumisratkaisut, joilla vähennetään tärkeimpiä kyseiseen toimintaan suunnittelu- ja rakentamishetkellä olennaisesti liittyviä tunnistettuja fyysisiä ilmastoriskejä, ja on toteuttanut ne ennen toiminnan aloittamista.

Käyttöön otetut sopeutumisratkaisut eivät vaikuta haitallisesti sopeutumistoimiin tai muiden ihmisten, luonnon, kulttuuriperinnön, omaisuuden ja muun taloudellisen toiminnan kykyyn sietää fyysisiä ilmastoriskejä; ovat yhdenmukaisia paikallisten, alakohtaisten, alueellisten tai kansallisten sopeutumisstrategioiden ja -suunnitelmien kanssa ja ottavat huomioon luontoon perustuvat ratkaisut[323] tai tukeutuvat siniseen tai vihreään infrastruktuuriin[324] mahdollisuuksien mukaan;

II. Ilmastoon liittyvien uhkien luokittelu[325]

	Lämpötilaan liittyvät	Tuuleen liittyvät	Veteen liittyvät	Maamassoihin ja maaperään liittyvät
Krooniset	Lämpötilan muutokset (ilma, makea vesi, merivesi)	Tuuliolojen muutokset	Sadeolojen ja -tyyppien muutokset (vesisade, raekuurot, lumi- tai jäätävä sade)	Rannikon eroosio
	Lämpökuormitus		Sademäärien tai hydrologinen vaihtelu	Maaperän huonontuminen
	Lämpötilan vaihtelut		Valtamerten happamoituminen	Maaperän eroosio
	Ikiroudan sulaminen		Meriveden intruusio	Vettyneen rinnemaan valuminen
			Merenpinnan kohoaminen	
			Vesistressi	

323 Luontoon perustuvilla ratkaisuilla tarkoitetaan luonnon innoittamia ja luontopohjaisia ratkaisuja, jotka ovat kustannustehokkaita ja tuottavat yhtä aikaa ympäristön liittyviä, sosiaalisia ja taloudellisia hyötyjä ja auttavat luomaan selviytymiskykyä. Tällaiset ratkaisut tuovat enemmän ja monimuotoisemmin luontoa ja luonnonmukaisia piirteitä ja prosesseja kaupunkeihin, maisemiin ja merimaisemiin paikallisten, resurssitehokkaiden ja järjestelmään kohdistuvien toimien avulla. Näin ollen luontoon perustuvat ratkaisut hyödyttävät biologista monimuotoisuutta ja tukevat erilaisten ekosysteemipalvelujen tarjoamista. ([hyväksymispäivä] hyväksytty versio: https://ec.europa.eu/research/environment/index.cfm?pg=nbs).

324 Ks. komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle: Vihreä infrastruktuuri (GI) – Euroopan luonnonpääoman parantaminen (COM/2013/0249 final).

325 Tässä taulukossa oleva luettelo ilmastoon liittyvistä uhkista ei ole tyhjentävä. Kyseessä on ohjeellinen luettelo yleisimmistä vaaroista, jotka olisi vähintään otettava huomioon ilmastoriskin ja haavoittuvuuden arvioinnissa.

Akuutit	Lämpöaalto	Hirmumyrsky, hurrikaani, taifuuni	Kuivuus	Lumivyöry
	Kylmyysaalto/halla/pakkanen	Myrsky (myös lumimyrskyt, pöly- ja hiekkamyrskyt)	Voimakas sade (vesisade, raekuurot, lumi- tai jäätävä sade)	Maanvyörymä
	Maastopalo	Pyörremyrsky	Tulva (rannikko-, joki-, hulevesi- ja pohjavesitulva)	Maansortuma
			Jäätikköjärven purkautuminen	

L 4.2 Ilmastonmuutokseen sopeutumisen merkittävä edistäminen, Tekniset arviointikriteerit

Delegoidun asetuksen mukaan toiminta edistää merkittävästi ilmastonmuutokseen sopeutumista, kun

1. Taloudellisessa toiminnassa on otettu käyttöön fyysisiä ja muita kuin fyysisiä ratkaisuja ('sopeutumisratkaisut'), joilla vähennetään merkittävästi tärkeimpiä kyseiseen toimintaan olennaisesti liittyviä fyysisiä ilmastoriskejä.
2. Toimintaan liittyvät olennaiset fyysiset ilmastoriskit on määritetty delegoidun asetuksen liitteen II lisäyksessä A luetelluista riskeistä suorittamalla perusteellinen ilmastoriskin ja haavoittuvuuden arviointi, joka sisälsi seuraavat vaiheet:

(a) toiminnan arviointi sen määrittämiseksi, mitkä tämän liitteen lisäyksessä A luetellut fyysiset ilmastoriskit voivat vaikuttaa taloudellisen toiminnan toteuttamiseen sen odotetun eliniän aikana;

(b) jos toiminnan arvioidaan olevan vaarassa yhden tai useamman tämän liitteen lisäyksessä A luetellun fyysisen ilmastoriskin vuoksi, ilmastoriskin ja haavoittuvuuden arviointi taloudelliseen toimintaan kohdistuvien fyysisten ilmastoriskien olennaisuuden arvioimiseksi;

(c) arviointi sopeutumisratkaisuista, joilla havaittua fyysistä ilmastoriskiä voidaan vähentää.

Ilmastoriskin ja haavoittuvuuden arviointi on suhteutettu toiminnan laajuuteen ja sen odotettuun elinkaareen siten, että

(a) kun toiminnan odotettu elinkaari on alle 10 vuotta, arviointi suoritetaan vähintään käyttämällä ilmastoennusteita pienimmässä asianmukaisessa mittakaavassa;

(b) kaikkien muiden toimintojen arvioinnissa käytetään uusinta teknologiaa hyödyntäviä korkeimman mahdollisen erottelutarkkuuden ilmastoennusteita nykyisissä tulevaisuuden skenaarioissa (566), jotka vastaavat toiminnan odotettua elinkaarta, mukaan lukien vähintään 10–30 vuoden ilmastoennusteet suurille investoinneille.

3. Ilmastoennusteet ja vaikutusten arviointi perustuvat parhaisiin käytäntöihin ja saatavilla oleviin ohjeisiin, ja niissä otetaan huomioon haavoittuvuusarviointia ja riskianalyysia koskeva uusin tieteellinen tieto sekä hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin uusimpien raporttien (567) mukaiset menetelmät, vertaisarvioidut tieteelliset julkaisut ja avoimeen lähdekoodiin (568) perustuvat tai maksulliset mallit.

4. Käyttöön otetut sopeutumisratkaisut

(a) eivät vaikuta haitallisesti sopeutumistoimiin tai muiden ihmisten, luonnon, kulttuuriperinnön, omaisuuden ja muun taloudellisen toiminnan kykyyn sietää fyysisiä ilmastoriskejä;

(b) suosivat luontoon perustuvia ratkaisuja (569) tai tukeutumista siniseen tai vihreään infrastruktuuriin (570) mahdollisuuksien mukaan;

(c) ovat yhdenmukaisia paikallisten, alakohtaisten, alueellisten tai kansallisten sopeutumissuunnitelmien ja -strategioiden kanssa;

(d) ovat valvonnan alaisia, niitä verrataan ennalta määritettyihin indikaattoreihin ja, jos tavoitteita ei saavuteta, harkitaan korjaavia toimia;

(e) täyttävät "ei merkittävää haittaa" -periaatteen mukaiset tekniset arviointikriteerit sellaisen toiminnan osalta, jossa käyttöön otettu ratkaisu on fyysinen ja jolle on tässä liitteessä määritelty tekniset arviointikriteerit.

(566) Tulevaisuuden skenaarioihin kuuluvat hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin kasvihuonekaasujen pitoisuuksien mahdolliset kehityskulut RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 ja RCP8.5.

(567) Ilmastonmuutosta koskevat arviointiraportit: Yhdistyneiden kansakuntien ilmastonmuutok-

seen liittyvää tutkimustietoa arvioivan hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin (IPCC) säännöllisesti julkaisema raportti ”Impacts, Adaptation and Vulnerability”, *https://www.ipcc.ch/reports/*.

(568) Esimerkiksi Euroopan komission hallinnoimat Copernicus-palvelut.

(569) Luontoon perustuvilla ratkaisuilla tarkoitetaan luonnon innoittamia ja luontopohjaisia ratkaisuja, jotka ovat kustannustehokkaita ja tuottavat yhtä aikaa ympäristöön liittyviä, sosiaalisia ja taloudellisia hyötyjä ja auttavat luomaan selviytymiskykyä. Tällaiset ratkaisut tuovat enemmän ja monimuotoisemmin luontoa ja luonnonmukaisia piirteitä ja prosesseja kaupunkeihin, maisemiin ja merimaisemiin paikallisten, resurssitehokkaiden ja järjestelmään kohdistuvien toimien avulla. Näin ollen luontoon perustuvat ratkaisut hyödyttävät biologista monimuotoisuutta ja tukevat erilaisten ekosysteemipalvelujen tarjoamista ([hyväksymispäivä] hyväksytty versio: *https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/research-area/environment/nature-based-solutions_en/*).

(570) Ks. komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle: Vihreä infrastruktuuri (GI) – Euroopan luonnonpääoman parantaminen (COM/2013/0249 final)."

EU 2021/2139, liite II, luku 7. Rakentaminen ja kiinteistöt

L 4.3 Ilmastoon liittyvien uhkien luokittelu

EU 2021/2139, liite II, lisäys A

LISÄYS A: ILMASTOON LIITTYVIEN UHKIEN LUOKITTELU[669]

	Lämpötilaan liittyvät	**Tuuleen liittyvät**	**Veteen liittyvät**	**Maamassoihin ja maaperään liittyvät**
Krooniset	Lämpötilan muutokset (ilma, makea vesi, merivesi)	Tuuliolojen muutokset	Sadeolojen ja -tyyppien muutokset (vesisade, raekuurot, lumi- tai jäätävä sade)	Rannikon eroosio
	Lämpökuormitus		Sademäärien tai hydrologinen vaihtelu	Maaperän huonontuminen
	Lämpötilan vaihtelut		Valtamerten happamoituminen	Maaperän eroosio
	Ikiroudan sulaminen		Meriveden intruusio	Vettyneen rinnemaan valuminen
			Merenpinnan kohoaminen	
			Vesistressi	

Akuutit	Lämpöaalto	Hirmumyrsky, hurrikaani, taifuuni	Kuivuus	Lumivyöry
	Kylmyysaalto/halla/pakkanen	Myrsky (myös lumimyrskyt, pöly- ja hiekkamyrskyt)	Voimakas sade (vesisade, raekuurot, lumi- tai jäätävä sade)	Maanvyörymä
	Maastopalo	Pyörremyrsky	Tulva (rannikko-, joki-, hulevesi- ja pohjavesitulva)	Maansortuma
			Jäätikköjärven purkautuminen	

669 Tässä taulukossa oleva luettelo ilmastoon liittyvistä uhkista ei ole tyhjentävä. Kyseessä on ohjeellinen luettelo yleisimmistä vaaroista, jotka olisi vähintään otettava huomioon ilmastoriskin ja haavoittuvuuden arvioinnissa.

L 4.4 Teknisiä selvennyksiä säädöksen (EU) 2021/2139 liitteen I, lisäyksen A kriteereihin, jotka koskevat ilmastonmuutokseen sopeutumisen ”ei merkittävää haittaa” -periaatetta (komission tiedonanto C/2023/267)

165. Mitä eroa on liitteessä II säädetyillä ilmastonmuutokseen sopeutumisen merkittävää edistämistä koskevilla teknisillä arviointikriteereillä ja liitteessä I (ilmastonmuutoksen hillintä) säädetyillä ilmastonmuutokseen sopeutumista koskevilla ”ei merkittävää haittaa” -periaatteen mukaisilla kriteereillä?

Ilmastonmuutokseen sopeutumista koskevat ”ei merkittävää haittaa” -periaatteen mukaiset kriteerit, jotka sisältyvät ilmastoluokitusjärjestelmää koskevan delegoidun säädöksen liitteeseen I, kattavat osan ilmastonmuutokseen sopeutumisen merkittävää edistämistä koskevista kriteereistä, eli sopeutumisratkaisujen määrittämiseksi on tehtävä ilmastoriskin ja haavoittuvuuden arviointi.

Ilmastoluokitusjärjestelmää koskevan delegoidun säädöksen liitteeseen II sisältyvissä ilmastonmuutokseen sopeutumista koskevissa merkittävää edistämistä koskevissa kriteereissä lisätään kuitenkin vaatimus tunnistettujen sopeutumisratkaisujen käyttöönotosta. Käyttöönottoa koskevat kriteerit on määritelty merkittävää edistämistä koskevien kriteerien 4 kohdassa. Näin ollen sellaisten sopeutumisratkaisujen käyttöönoton osalta, joilla vähennetään merkittävästi tärkeimpiä tarkasteltavaan toimintaan olennaisesti liittyviä fyysisiä ilmastoriskejä, ilmastonmuutokseen sopeutumisen merkittävää edistämistä koskevat kriteerit (jotka sisältyvät ilmastoluokitusjärjestelmää koskevan delegoidun säädöksen liitteeseen II) heijastavat korkeampaa tavoitetasoa kuin ilmastoluokitusjärjestelmää koskevan delegoidun säädöksen liitteessä I olevassa lisäyksessä A säädetyt ”ei merkittävää haittaa” -periaatteen mukaiset kriteerit.

Jotkin taloudelliset toiminnat kattavat vain osan arvoketjusta, eikä niillä ole vaikutusta arvoketjun siihen osaan, jota ilmastonmuutos pääasiassa uhkaa. Miten tämä olisi otettava huomioon ilmastoris-

kin ja haavoittuvuuden arvioinnissa?

Olisi varmistettava kiistatta, että kohteena olevaan taloudelliseen toimintaan ei voi kohdistua toissijaisia vaikutuksia tai ketjureaktiovaikutuksia, sillä peräkkäisistä tapahtumista (esimerkiksi rankkasateiden jälkeinen maanvyöry) voi usein aiheutua suuria vahinkoja. Tämä voidaan tehdä etukäteen tai ilmastoriskin ja haavoittuvuuden arvioinnin perusteella.

Arvioinnin perusteellisuus voi myös vaihdella, kunhan se riittää toiminnan kannalta olennaisten fyysisten ilmastoriskien tunnistamiseen. Esimerkiksi sitä, missä määrin toimitusketjuun tai ketjun alkupään tuotantoprosesseihin saattaa liittyä riskejä, ja onko nämä näkökohdat otettava huomioon arvioinnissa, voidaan tarkastella kunkin toiminnan osalta erikseen. Valitun arviointimenetelmän suhteellisuuden kannalta ratkaisevia tekijöitä voivat olla yrityksen koko, toiminnan tyyppi, laajuus ja asiayhteys, liiketoimintamalli tai asema toimitusketjussa.

Ilmastoriskin ja haavoittuvuuden arvioinnissa taloudellinen toiminta on jaettava (mahdollisuuksien mukaan) erillisiin yksittäisiin kohteisiin, kuten tuotantopaikkoihin, kuljetuslinjoihin, viereisiin hallintorakennuksiin, kriittisten materiaalien toimittajiin ja niiden maantieteelliseen sijaintiin.

Perusteellisen ilmastoriskien arvioinnin perustana on ymmärrys siitä, miten vaarat voivat vaikuttaa kuhunkin yksittäiseen kohteeseen arvioitavan toiminnan osalta. Jotkin vaarojen vaikutukset, kuten tuotantolaitoksille tulvien tai myrskyjen seurauksena aiheutuvat suorat vahingot, ovat ilmeisiä. Kaikki ilmastovaikutukset eivät kuitenkaan tapahdu suoraan vaan pikemminkin peräkkäin, jolloin ketjussa voi esiintyä toissijaisia vaikutuksia (ns. ketjureaktiovaikutuksia). Esimerkiksi myrskyt voivat vahingoittaa kriittisen toimittajan toimipaikkaa tai energiainfrastruktuuria ja aiheuttaa sähkökatkoksia. Lisäksi riskit voivat vahvistaa toisiaan. Joitakin riskejä syntyy jopa ainoastaan useiden ilmastovaaratekijöiden yhteisvaikutuksesta: peräkkäiset vaaratekijät pahentavat joitakin riskejä, ja esimerkiksi tulvariski kasvaa, kun kuivuneeseen maaperään osuu rankkasateita.

166. IPCC on esittänyt kuudennen arviointiraporttinsa yhteydessä uusia ilmastoskenaarioita. Onko nämä otettava huomioon EU:n luokitusjärjestelmässä mainittujen skenaarioiden sijaan?

Ilmastonmuutokseen sopeutumisen merkittävää edistämistä koskevien kriteerien kriteerissä 3 täsmennetään, että ”[i]lmastoennusteet ja vaikutusten arviointi perustuvat parhaisiin käytäntöihin ja saatavilla oleviin ohjeisiin, ja niissä otetaan huomioon haavoittuvuutta ja riskianalyysia koskeva uusin tieteellinen tieto sekä hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin uusimpien raporttien mukaiset menetelmät ”.

Sen vuoksi käyttäjien olisi viitattava IPCC:n uusimpiin arviointiraportteihin, kun ne ovat saatavilla.

167. Mihin mennessä olisi pyrittävä ottamaan käyttöön alueelliset, korkearesoluutioiset ilmastoskenaariot? Miten varmistetaan EU:n luokitusjärjestelmän vaatimusten noudattaminen tässä tapauksessa?

EU:n Horisontti Eurooppa -tutkimusohjelman kautta tehtävässä omaisuuserätason mallintamisessa ja erityisten korkean resoluution alueellisten ennusteiden kehittämisessä on edistytty. Mitä suurempi korkearesoluutioisten ilmastoskenaarioiden kysyntä on, sitä nopeammin tarjonta todennäköisesti mukautuu. Euroopan tasolla on kasvihuonekaasujen pitoisuuksien mahdollisten kehityskulkujen skenaarioiden RCP 2,6, RCP 4,5 ja RCP 8,5 osalta saatavilla alueellisia ilmastomalleja, joiden resoluutio on noin 12,5 × 12,5 km^2. Joidenkin maiden osalta on lisäksi alueellisia tietoja, joiden resoluutio on 5 × 5 km^2.

168. Onko käytettävä kaikkia neljää IPCC:n kehityskulkua (RCP 2,6, RCP 4,5, RCP 6,0 ja RCP 8,5)? Onko kunkin analyysin tulokset arvioitava erikseen?

Ei, kaikkia neljää hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin (IPCC) kehityskulkua ei tarvitse käyttää.

Arvioinnin aloittamiseksi on tärkeää selvittää, onko ilmastoriskin ja haavoittuvuuden arvioinnin kohteena olevaan toimintaan kohdistunut aiemmin jonkin vaaratekijän vaikutuksia (esimerkiksi me-

renpinnan nousu). Jos näin ei ole, olisi ennalta varautumisen periaatteen mukaisesti aina käytettävä RCP 8,5:tä (eli vähäinen lieventäminen). Jos näin on, voidaan käyttää alemman tason skenaarioita, kuten RCP 4,5:tä.

Kunkin analyysin tulokset olisi arvioitava erikseen.

169. Miten yrityksen pitäisi toimia, jos kaikki IPCC:n neljä pääskenaariota eivät ole käytettävissä?

Käytettävissä olevia IPCC:n malleja olisi periaatteessa käytettävä mittakaavassa, joka on mielekäs ja oikeasuhteinen arvioitaessa vaaratekijöiden mahdollisia vaikutuksia taloudellisen toiminnan aikajänteellä (yli 10 vuotta).

Yrityksen olisi varmistettava, että sillä on käytettävissään ilmastoriskien arvioinnin kannalta olennaiset ilmastotiedot. Nämä tiedot ovat yleensä saatavilla CORDEXissa. Kansallisilta sääpalveluilta olisi pyydettävä mahdollisimman tarkkoja alueellisia ilmastotietoja. Euroopan ympäristökeskus tarjoaa interaktiivisen raportin, jossa on sellaisia (CMIP5- ja EURO-CORDEX-tietoihin perustuvia) ilmastotietoja, jotka on aggregoitu valtiotasoa alempien hallintoalueiden tasolla ja jo luokiteltu ilmastovaaratekijöittäin. Lisäksi yksittäisiä skenaarioita koskevia ilmastotietoja on saatavilla European Climate Data Explorer -palvelussa.

Infrastruktuurin ilmastokestävyyden varmistamisesta vuosina 2021–2027 annettujen teknisten ohjeiden (61) mukaisesti huomioon otettavan riittävän kasvihuonekaasujen pitoisuuksien mahdollisen kehityskulun (RCP) valinnan osalta RCP 4,5:tä voidaan käyttää ilmastoennusteissa vuoteen 2060 asti, sillä kyseiseen vuoteen asti skenaarioiden välillä on vain pieniä eroja. Sen jälkeisinä vuosina RCP 4,5 voi kuitenkin aiheuttaa muutosten aliarvioimista etenkin, jos kasvihuonekaasupäästöt osoittautuvat ennakoitua suuremmiksi. Tästä syystä voisi olla tarkoituksenmukaisempaa käyttää RCP 6,0:aa ja RCP 8,5:tä vuoteen 2100 ulottuvissa nykyisissä ennusteissa. RCP 8,5:n mukaista lämpenemistä pidetään kuitenkin laajalti nykykehitysskenaarioita suurempana, mutta sillä on merkitystä riskinhallinnan kannalta, sillä IPCC:n ennusteissa ei ole voitu täysin ottaa huomioon ilmaston kriittisiä pisteitä, minkä lisäksi ilmastonmuutoksen vaikutukset ovat jo tähän mennessä olleet odotettua voimakkaammat.

170. Miten suhteellisuus vaikuttaa ilmastonmuutokseen sopeutumista koskevien ”ei merkittävää haittaa” -periaatteen mukaisten kriteerien osana tehtävän perusteellisen ilmastoriskin ja haavoittuvuuden arvioinnin laajuuteen?

Perusteellisen ilmastoriskin ja haavoittuvuuden arvioinnin tavoitteena on tunnistaa merkittävät fyysiset ilmastoriskit, jotka uhkaavat taloudellisen toiminnan toteuttamista. Arvioinnin perusteella määritetään sopivat sopeutumistoimenpiteet, jotka esitetään osana sopeutumissuunnitelmaa.

Ilmastoluokitusjärjestelmää koskevan delegoidun säädöksen liitteessä 1 olevan lisäyksen A mukaisesti ilmastoriskin ja haavoittuvuuden arvioinnissa olisi käytettävä uusimpia menetelmiä ja otettava huomioon uusimmat saatavilla olevat korkearesoluutioisimmat tiedot. Arvioinnin laajuus sekä menetelmät ja tiedot, joita käytetään tämän tavoitteen saavuttamiseksi, voivat vaihdella suhteellisuuden säilyttämiseksi. Monissa tapauksissa voi esimerkiksi riittää, että käytetään pessimististä skenaariota, kuten RCP 8,5:tä, eikä tarkastella kaikkia neljää RCP-skenaariota, edellyttäen, että lisäskenaarioiden tarkastelu ei todennäköisesti tuota uusia, riskiarvioinnin kannalta merkityksellisiä tietoja.

Arvioinnin perusteellisuus voi myös vaihdella, kunhan se riittää toiminnan kannalta olennaisten fyysisten ilmastoriskien tunnistamiseen. Esimerkiksi sitä, missä määrin toimitusketjuun tai ketjun alkupään tuotantoprosesseihin saattaa liittyä riskejä ja onko nämä näkökohdat otettava huomioon arvioinnissa, voidaan tarkastella kunkin toiminnan osalta erikseen. Valitun arviointimenetelmän suhteellisuuden kannalta ratkaisevia tekijöitä voivat olla yrityksen koko, toiminnan tyyppi, laajuus ja asiayhteys, liiketoimintamalli tai asema toimitusketjussa. Esimerkiksi toimistorakennuksen ikkunoiden vaihtaminen energiatehokkuuden parantamiseksi edellyttää vähemmän yksityiskohtaista ilmastoriskien arviointia kuin padon rakentaminen vesivoiman tuottamiseksi.

Ilmastoriskin ja haavoittuvuuden arvioinnin tiheyden olisi myös oltava oikeassa suhteessa sen ta-

voitteisiin. Arvioinnin ja sen perusteella laaditun sopeutumissuunnitelman päivittämisen sopivia tilanteita ovat muutokset, jotka lisäävät altistumista tunnistetuille riskeille tai jotka voivat aiheuttaa uusia riskejä tai muuttaa merkittävästi jo tunnistettuja riskejä taloudellisen toiminnan toteuttamiselle, kuten seuraavien muutokset:

- arvioitava taloudellinen toiminta, esimerkiksi uudet toimittajat tai uudet tuotantolaitokset;
- arvioinnin perustana olevat ilmastotiedot, esimerkiksi ennakoimattomat muutokset ilmastojärjestelmissä, muutokset ilmastomallien oletuksissa tai tekninen kehitys ilmastomallinnuksessa.

171. Mitä asiakirjoja on toimitettava ilmastonmuutokseen sopeutumiseen liittyvien ”ei merkittävää haittaa” -periaatteen mukaisten vaatimusten täyttämiseksi?

Jotta taloudellisen toiminnan EU:n luokitusjärjestelmän ilmastonmuutokseen sopeutumista koskevien ”ei merkittävää haittaa” -periaatteen mukaisten kriteerien vaatimukset voidaan täyttää, on olennaisen tärkeää esittää johdonmukainen sopeutumissuunnitelma, jos ilmastoriskejä on tunnistettu. Suunnitelmaan sisältyvien toimenpiteiden soveltuvuutta toiminnan tärkeimpien fyysisten ilmastoriskien vähentämiseen pitäisi arvioida järjestelmällisesti siten, että täytetään ilmastoluokitusjärjestelmää koskevassa delegoidussa säädöksessä säädetyt lisävaatimukset. Sopeutumissuunnitelmaan olisi myös sisällyttävä toimenpiteiden toteuttamisaikataulu ja dokumentaatio jo toteutetuista toimenpiteistä. Sopeutumistoimenpiteet on toteutettava uusien omaisuuserien osalta niiden valmistuessa ja olemassa olevien omaisuuserien osalta viiden vuoden kuluessa niihin liittyvien ilmastoriskien tunnistamisesta.

Tärkeimmät fyysiset ilmastoriskit on tunnistettava käyttämällä perusteellista, ymmärrettävää ja oikeasuhteista ilmastoriskin ja haavoittuvuuden arviointia.

172. Riittääkö toistaiseksi jo olemassa olevien ympäristöriski-inventaarioiden (esimerkiksi tulvien ja lumivyöryjen osalta) käyttö ottaen huomioon erityisen merkitykselliset ympäristöriskiskenaariot (esimerkiksi lämpötilan, sademäärän ja tuulen osalta)?

Nykyiset ympäristöriski-inventaariot, jotka sisältävät tärkeimmät ja merkityksellisimmät ilmastoparametrit, ovat toistaiseksi riittäviä.

173. Mitkä ovat ilmastoriskin ja haavoittuvuuden arvioinnin vähimmäisvaatimukset laajuuden ja yksityiskohtaisuuden (muun muassa riskien olennaisuus) osalta?

- Elinkaari;
- Kaikkien taloudellisen toiminnan kannalta merkityksellisten kohteiden huomioon ottaminen;
- Erilaisiin tulevaisuuden skenaarioihin perustuvat ilmastoennusteet;
- Luettelo ilmastoon liittyvistä ”vaaroista, jotka olisi vähintään otettava huomioon” (ilmastoluokitusjärjestelmää koskevan delegoidun säädöksen liitteessä I oleva lisäys A).

174. Mitä standardeja on käytettävä ilmastoriskin ja haavoittuvuuden analyysin tekemiseen (ISO-standardit ja EU:n suuntaviivat infrastruktuurihankkeiden ilmastokestävyydestä)? Voivatko yritykset valita oman menetelmänsä?

Ilmastoriskin ja haavoittuvuuden arvioinnin laatimiseen ei ole olemassa ainoastaan yhtä menetelmää. Arviointi voi perustua monenlaisiin tiedonkeruuta koskeviin lähestymistapoihin, jotka voivat vaihdella tieto- ja mallipohjaisista lähestymistavoista (esimerkiksi ilmastotiedot ja vaikutusmallit) tarkempaan tarkasteluun tai asiantuntijapohjaisiin lähestymistapoihin.Myös eurooppalaisena standardina ja jäsenvaltioiden kansallisina standardeina käyttöön otettu ISO 14091 -standardi (ISO/DIS 14091: Sopeutuminen ilmastonmuutokseen – Haavoittuvuuden, vaikutusten ja riskien arviointia koskevat suuntaviivat) (62) sisältää hyödyllisiä välineitä, jotka kattavat koko arvioinnin valmisteluun, toteuttamiseen ja tulosten ilmoittamiseen liittyvän prosessin. Tarkemmin sanottuna näissä välineissä annetaan ohjeita esimerkiksi vaikutusketjujen kehittämiseen, indikaattoreiden ja riskikomponenttien yhdistämiseen tai sopeutumiskyvyn arviointiin. Hiljattain on myös ollut valmisteilla avustus (63), jonka

odotettuihin tuloksiin kuuluu toimiva, johdonmukainen ja kehittyneempi useita riskejä kattava riskienarviointikehystä koskeva väline, joka kattaa kaikki hallintotasot ja jota kaikki Euroopan alueet ja yhteisöt voivat käyttää.

175. Mitä tarkoitetaan ”uusinta teknologiaa hyödyntävillä ilmastoennusteilla”, joihin viitataan ilmastonmuutokseen sopeutumisen merkittävää edistämistä koskevissa kriteereissä?

Näillä ilmastoennusteilla tarkoitetaan uusimpia ennusteita, joissa otetaan huomioon kehittyvä tieteellinen tieto (esimerkiksi ilmaston kriittisistä pisteistä).

LÄHTEET

EU-lainsäädäntö ja komission tiedonannot

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2020/852, annettu 18 päivänä kesäkuuta 2020, kestävää sijoittamista helpottavasta kehyksestä ja asetuksen (EU) 2019/2088 muuttamisesta. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:32020R0852

Komission delegoitu asetus (EU) 2021/2139, annettu 4 päivänä kesäkuuta 2021, Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EU) 2020/852 täydentämisestä vahvistamalla tekniset arviointikriteerit, joilla määritetään, millä edellytyksillä taloudellista toimintaa pidetään ilmastonmuutoksen hillintää tai ilmastonmuutokseen sopeutumista merkittävästi edistävänä ja aiheuttaako kyseinen taloudellinen toiminta merkittävää haittaa millekään muulle ympäristötavoitteelle. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:32021R2139

Komission tiedonanto (C/2023/267). Komission tiedonanto teknisten arviointikriteerien vahvistamisesta sellaisille taloudellisille toiminnoille, jotka edistävät merkittävästi ilmastonmuutoksen hillintää tai ilmastonmuutokseen sopeutumista ja jotka eivät aiheuta merkittävää haittaa muille ympäristötavoitteille, annetun EU:n ilmastoluokitusjärjestelmää koskevan delegoidun säädöksen eräiden säännösten tulkinnasta ja täytäntöönpanosta. Euroopan unionin virallinen lehti 20.10.2023. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=OJ:C_202300267

Muut lähteet

Ahopelto, L., Veijalainen, N., Guillaume, J.H.A., Keskinen, M., Marttunen, M., Varis, O. 2019. Can there be water scarcity with abundance of water? Analyzing water stress during a severe drought in Finland. Sustainability 2019, 11, 1548. 18 p. https://www.mdpi.com/2071-1050/11/6/1548

Baltic Sea Centre, 2020. Emerging ocean acidification threatens Baltic Sea ecosystems. Policy Brief. Stockholm University. 4 p.

https://www.su.se/polopoly_fs/1.493644.1585729224!/menu/standard/file/PB_Acidification_200331.pdf

by 68. 2024. Betonin valinta ja käyttöikäsuunnittelu – opas suunnittelijoille 2024. Helsinki. Suomen betoniyhdistys. 103 s.

European Commission 2023A. EU-level technical guidance on adapting buildings to climate change. Best practice guidance.

European Commission 2023B. EU-level technical guidance on adapting buildings to climate change.

Gregow, H., Mäkelä, A., Tuomenvirta, H., Juhola, S., Käyhkö, J., Perrels, A., Kuntsi-Reunanen, E., Mettiäinen, I., Näkkäläjärvi, K., Sorvali, J., Lehtonen, H., Hildén, M., Veijalainen, N., Kuosa, H., Sihvonen, M., Leijala, U., Ahonen, S., Johansson, M., Haapala, J., Korhonen, H., Ollikainen, M., Lilja, S., Ruuhela, R., Särkkä, J., Siiriä, S.M. 2021. Ilmastonmuutokseen sopeutumisen ohjauskeinot, kustannukset ja alueelliset ulottuvuudet. Suomen ilmastopaneeli. Raportti 2/2021. 190 s. https://www.ilmastopaneeli.fi/wp-content/uploads/2021/09/SUOMI-raportti_final.pdf

Gregow, H., Rantanen, M., Laurila, T. K., Mäkelä, A. 2020. Review on winds, extratropical cyclones and their impacts in Northern Europe and Finland. Ilmatieteen laitos, Raportteja 2020:3. 38 s.

Gregow, H., Venäläinen, A., Laine, M., Niinimäki, N., Seitola, T., Tuomenvirta, H., Jylhä, K., Tuomi, T., Mäkelä, A. 2008. Vaaraa aiheuttavista sääilmiöistä Suomen muuttuvassa ilmastossa. Ilmantieteen laitos, Raportteja 2008:3.

Groenenmeijer, P., Vajda, A., Lehtonen, I. Kämäräinen, M., Venäläinen, A., Gregow, H., Becker, N., Nissen, K., Ulbrich, U., Paprotny, D., Morales Nàpoles, O., Púsic, T. 2016. Present and future probability of meteorological and hydrological hazards in Europe. Report of RAIN-project. TU Delft. 165 p.

Gustafsson, E., Gustafsson, B.G., Carstensen, J., Rehder, G., Fleming. V. 2021. Science in brief: OMAI – Assessing acidification in the Baltic Sea, monitoring and scientific basis. Publication of Nordic Council of Ministers. 25 p. https://pub.norden.org/temanord2021- 512/#59615

Helsingin kaupunki, 2019. Turvalliset rakentamiskorkeudet Helsingin rannoilla. Kaupunkiympäristön julkaisuja 2019:20. https://www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkiymparisto/julkaisut/julkaisut/julkaisu-20-19.pdf

Helsingin kaupunki, 2024. Helsinki 3D. https://www.hel.fi/fi/paatoksenteko-ja-hallinto/tietoa-helsingista/kartat-ja-paikkatieto/helsinki-3d [Viitattu 5.9.2024.]

Helsingin kaupunki, 2024. Karttapalvelu. https://kartta.hel.fi/ [Viitattu 5.9.2024]

Ilmatieteen laitos, 2014. Alimmat suositeltavat rakentamiskorkeudet Suomen rannikolla. https://www.ilmatieteenlaitos.fi/alimmat-suositeltavat-rakentamiskorkeudet [Viitattu 7.6.2024.]

Ilmatieteenlaitos, 2024. Ilmastoskenaariot maalaavat erilaisia tulevaisuuskuvia ja auttavat arvioimaan, miten ilmasto eri tilanteissa muuttuisi. Kallioinen, Emilia. Artikkeli 30.7.2021. https://www.ilmatieteenlaitos.fi/artikkeli/ftIq7hqBrKQ9QxDYoqMri [Viitattu 8.9.2024.]

IPCC, 2021: Climate Change 2021: The physical science basis. Contribution of Working group I to the sixth assessment report of the Intergovernmental panel on climate change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)].

https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf

Jylhä, K., Ruosteenoja, K., Böök, H., Lindfors, A., Pirinen, P., Laapas, M., Mäkelä, A., 2020. Nykyisen ja tulevan ilmaston säätietoja rakennusfysikaalisia laskelmia ja energialaskennan testivuotta 2020 varten. Ilmatieteen laitos, Raportteja 2020:6. https://doi.org/10.35614/isbn.9789523361287

Kahma, K., Pellikka, H., Leinonen, K., Leijala, U., Johansson, M. 2014. Pitkän aikavälin tulvariskit ja alimmat suositeltavat rakentamiskorkeudet Suomen rannikolla. Ilmatieteen laitos. 2014:6. 48 s.

Kuntaliitto, 2012. Hulevesiopas. Suomen Kuntaliitto. https://www.kuntaliitto.fi/julkaisut/2012/1481-hulevesiopas

Lahdensivu, J., Pakkala, T., Pikkuvirta, J., Räsänen, A., Alastalo, S., Karvonen, A., Täubel, M., Pekkanen, J., Juntunen, M., Velashjerdi Farahani, A., Jokisalo, J., Kosonen, R., Jylhä, K., Lanki, T., Leino, O., Kollanus, V. 2023. Rakennusten kosteusvauriot ja ylilämpeneminen muuttuvassa ilmastossa – RAIL. Valtioneuvoston selvitys- ja julkaisutoiminnan julkaisusarja 2023:2. 192 s. https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-278-7

Laki tulvariskien hallinnasta 620/2010. Annettu Naantalissa 24 päivänä kesäkuuta 2010. https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2010/20100620.

Laukkarinen, A., Jokela, T., Vinha, J., Pakkala, T., Lahdensivu, J., Lestinen, S., Jokisalo, J., Kosonen, R., Lindfors, A., Ruosteenoja, K., Jylhä, K. 2022. Vaipparakenteiden rakennusfysikaalisen toimivuuden ja huonetilojen kesäaikaisen jäähdytystehontarpeen mitoitusolosuhteet – RAMI-hankkeen loppuraportti. Tampereen yliopisto, Rakennustekniikka, Tutkimusraportti 3. https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-2438-4

Leminen, A. 2011. Avoimeen metsävaratietoon pohjautuva paloriskien arviointi ja sen hyödyntämismahdollisuudet. MARISKA – Maastopalojen riski- ja torjuntakarttojen skaalaus. 15 s. Suomen metsäkeskus.

Maa- ja metsätalousministeriö, 2018. MMM nimesi merkittävät tulvariskialueet 2018–2024. [Verkkosivu]. [Viitattu 11.7.2022] https://mmm.fi/-/mmm-nimesi-merkittavat-tulvariskialueet-vuosiksi-2018-2024.

Marine Finland. (12.8.2022). Salinity.

https://www.marinefinland.fi/en-US/The_Baltic_Sea_now/Water_quality/Salinity

Mäkelä, A., Lehtonen, I., Ruosteenoja, K., Jylhä, K., Tuomenvirta, H., Drebs, A. 2016. Ilmastonmuutos pääkaupunkiseudulla. Ilmatieteenlaitos, Raportteja 2016:8. 28 s.

https://helda.helsinki.fi/handle/10138/170155

Neville, A. 2012. Properties of concrete. Longman Group. 5th edition. 844 p.

Nyystilä, S., Palokangas, P. 2022. Tampereen kadut tulvivat öisten rankkasateiden jäljiltä – Ilmatieteen laitos: Tampereelle osui kaikista voimakkain sade. Aamulehti 24.8.2022. https://www.aamulehti.fi/tampere/art-2000009023685.html. [Viitattu 19.9.2022.]

Pakkala, T. 2020. Assessment of Climate Change Effects on Finnish Concrete Facades and Balconies. Tampere University Dissertations 204. 98 s. 23 liites.

Parjanne, A., Huokuna, M. 2014. Tulviin varautuminen rakentamisessa – Opas alimpien rakentamiskorkeuksien määrittämiseksi ranta-alueilla. Ympäristöopas 2014. Suomen ympäristökeskus. 75 s. https://www.syke.fi/julkaisut.

Parjanne, A., Silander, J., Tiitu, M. & Viinikka, A. 2018. Suomen tulvariskit nyt ja tulevaisuudessa. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 30/2018. Suomen ympäristökeskus (SYKE). 73 s. http://hdl.handle.net/10138/278893.

Pellikka, H., Johansson, M., Nordman, M. & Ruosteenoja, K. 2023. Probabilistic projections and past trends of sea level rise in Finland. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 23, 1613–1630. https://doi.org/10.5194/nhess-23-1613-2023, 2023.

Pellikka, H., Leijala, U., Johansson, M., Leinonen, K., Kahma K. 2018. Future probabilities of coastal floods in Finland. Continental Shelf Research 2018, 157, 32–42. https://doi.org/10.1016/j.csr.2018.02.006.

Piirto, L. 2019. OECD:n asianmukaisen huolellisuuden ohjeet vastuulliseen liiketoimintaan. TEM oppaat ja muut julkaisut 2019:5. [Viitattu 11.10.2024|. Saatavissa: TEM_oppaat_5_2019_OECDn_asianmukaisen_huolellisuuden_ohjeet_04032019.pdf (valtioneuvosto.fi)

Pilli-Sihvola, K., Haavisto, R., Leijala, U., Luhtala, S., Mäkelä, A., Ruuhela, R., Votsis. A. 2018. Sään ja ilmastonmuutoksen aiheuttamat riskit Helsingissä. Kaupunkiympäristön julkaisuja 6:2018. 95 s. https://www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkiymparisto/julkaisut/julkaisut/julkaisu-06-18.pdf

Ruosteenoja, K., Jylhä, K. 2022. Projected climate change in Finland during the 21st century calculated from CMIP6 model simulations – An attachment file. Geophysica 56, 39–69.

Ruosteenoja, K., Jylhä, K., Kämäräinen, M. 2016. Climate Projections for Finland Under the RCP Forcing Scenarios. Geophysica 2016/ 51(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, J., Simola, H., Luomaranta, A., Weiher, S. 2013. Maailmanlaajuisiin CMIP3-malleihin perustuvia arvioita Suomen tulevasta ilmastosta. Raportteja No. 2013:4. Ilmatieteen laitos. 83 s.

Sane, M., Ahopelto, L. 2024. Suomeen ehdotettu 18 merkittävää tulvariskialuetta. Vesi.fi: Ajankohtaisia vesikuulumisia. https://www.vesi.fi/suomeen-ehdotettu-18-merkittavaa-tulvariskialuetta/ [Viitattu 5.6.2024.]

Sane, M., Dahlberg, N. & Huokuna, M. 2021. Hulevesien tulvakartta auttaa kuntia riskien hallinnassa. Vesitalous 2/2021, 10–13. https://vesitalous.fi/wp-content/uploads/2021/03/Vesitalous_0221_lowres-1.pdf

SFS-EN 16798-1. 2019. Rakennusten energiatehokkuus. Osa 1: Sisäympäristön lähtötiedot rakennusten energiatehokkuuden suunnitteluun ja arviointiin ottaen huomioon ilmanlaatu, lämpöolot, valaistus ja äänitekniset ominaisuudet. Moduuli M1-6. Suomen standardisoimisliitto.

Suomen ilmastopaneeli 2019. Ilmastonmuutos ja vesihuolto – varautuminen ja terveysvaikutukset. Raportti 10/2019. https://www.doria.fi/handle/10024/176898

TEM 2023. OECD:n toimintaohjeet monikansallisille yrityksille vastuulliseen liiketoimintaan. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2023:38. [Viitattu 11.10.2024]. Saatavissa: http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-707-6

Toivonen, E., Partanen, A.-I., Jylhä, K. 2021. Ilmastonmuutos vaikuttaa hulevesien mitoitukseen Suomessa ja muissa Pohjoismaissa. Vesitalous 2/2021, 14–18.

Tulvakeskus. 2024a. Yleispiirteinen hulevesitulvakartta 2024. https://vesi.fi/hulevesitulvat/ [Viitattu 6.6.2024.]

Tulvakeskus. 2024b. Tulvakarttapalvelu. https://vesi.fi/tulvakartat/ [Viitattu 19.7.2024.]

Veijalainen, N., Jakkila, J., Nurmi, T., Vehviläinen, B., Marttunen, M., Aaltonen, J. 2012. Suomen vesivarat ja ilmastonmuutos – vaikutukset ja muutoksiin sopeutuminen. WaterAdapt-projektin loppuraportti. Suomen ympäristö 16/2012. Suomen ympäristökeskus (SYKE). 138 s. https://helda.helsinki.fi/handle/10138/38789.

Venäläinen, A., Ruosteenoja, K., Lehtonen, I. 2019. Projections of future climate for Europe, Uruguay and China with implications on forestry. Ilmatieteen laitos, Raportteja 2019:3. 75 s.

Vesi.fi. 2021. Tulvariskialueet. https://www.vesi.fi/vesitieto/tulvariskialueet/ [Viitattu 11.7.2022.]

Vesi.fi. 2024. Tulvariskien hallinnan indikaattorit. https://vesi.fi/tulvaindikaattorit/ [Viitattu 11.6.2024.]

Vesi.fi. 2024. Yleispiirteinen hulevesitulvakartta 2024 (testipalvelu). https://wwwi9.ymparisto.fi/i9/fi/hulevesitulva/karttapalvelu/katselu [Viitattu 6.9.2024.]