

OPAS RAKENNUKSEEN KOHDISTUVIEN ILMASTORIS- KIEN JA SOPEUTUMISRATKAISUJEN ARVIOIMISEKSI

KÄSIKIRJOITUS 22.4.2024

LUONNOSVERSIO LAUSUNTOKIERROKSELLE

LUONNOS LAUSUNTOKIERROKSEN KÄYTTÖÖN

ESIPUHE

Ilmastonmuutoksen myötä sään ääri-ilmiöt, kuten rankkasateet, myrskyt, tulvat, kuivuusjaksot ja helleaallot tulevat lisääntymään ja voimistumaan. Rakennettuun ympäristöön kohdistuvat riskit kasvavat ja riskeihin on entistä tärkeämpää varautua ennakolta.

Rakennuksia koskevien ilmatoriskien ja sopeutusratkaisujen arviointi on jo nykyisin tärkeä osa ammatti- maista kiinteistöjen hankintaa ja omistamista sekä uudis- ja korjausrakennushankkeiden suunnittelua. Myös EU-taksonomia edellyttää rakennusten ilmatoriskien ja sopeutusratkaisujen arviointia silloin, kun rakennukset luokitellaan ympäristön kannalta kestäviksi.

Opas rakennuksiin kohdistuvien ilmatoriskien ja sopeutusratkaisujen arvioimiseksi kuvaa rakennusalan yhteisesti linjaamat hyvät käytänteet rakennuksia koskevien ilmatoriskien ja sopeutusratkaisujen arvioimiseksi. Samalla opas määrittelee, kuinka ilmastonmuutokseen sopeutumista koskevia EU-taksonomian sää- döksiä sovelletaan rakennusten osalta Suomessa.

Oppaan on toimittanut TkT Petri Annila Terveet talot Oy:stä. Kirjoitustyöstä on vastannut työryhmä, johon ovat kuuluneet Annilan lisäksi TkT Jukka Lahdensivu Ramboll Finland Oy:stä ja TkT Toni Pakkala Tampereen yliopistolta. DI Meri Hietala RATEKOsta on osallistunut kirjoitustyöhön ja toiminut ohjausryhmän pu- heenjohtajana.

Oppaan laatimista on ohjannut asiantuntijoista koostunut ohjausryhmä:

Kirjoitusryhmä

| | |
|---------------------|------------------|
| Terveet talot Oy | Petri Annila |
| Ramboll Finland Oy | Jukka Lahdensivu |
| Tampereen yliopisto | Toni Pakkala |
| RT RATEKO | Meri Hietala |

Ohjausryhmä

| | |
|--|-------------------------------|
| Afry Finland Oy | Mikko Koskivuori |
| A-Insinöörit Oy | Elli Kinnunen, Janita Rintala |
| Rakennusteollisuus RT ry / Talonrakennusteollisuus TRT ry | Jani Kemppainen |
| Ramboll Finland Oy | Jenni Happonen |
| Suomen Yliopistokiinteistöt Oy | Heikki Savikko |
| Sweco Finland Oy | Kari Nöjd |
| Turun kaupunki | Anna Liedes |
| Ympäristöministeriö | Katja Outinen |

Ilmatoriskien arvioinnin tueksi kirjoittajaryhmä on koonnut oppaaseen katsauksen siitä, kuinka ilmastonmuu- tos eri skenaarioiden mukaan etenee Suomessa. Oppaan ilmastonmuutosta koskeva osuus perustuu Ilmatieteen laitoksen, Suomen ympäristökeskuksen ja muiden tutkimuslaitosten julkaisuihin. Lisäksi Suomen ympäristö- keskus ja Ilmatieteen laitos ovat keväällä 2024 antaneet arvokasta asiantuntijatukea oppaan ilmastonmuutosta koskevaan osuuteen.

Julkinen lausuntokierros on toteutettu 22.4.2024-8.5.2024.

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 Resilience Facility, RRF). Hankkeen omarahoitusosuudesta ovat vastanneet Rakennusteollisuuden Koulutuskeskus RATEKO ja Talonrakennusteollisuus TRT ry.

Rakennusteollisuuden Koulutuskeskus RATEKO kiittää kaikkia työhön osallistuneita ja työtä tukeneita!

LUONNOS LAUSUNTOKIERROKSEN KÄYTTÖÖN

SISÄLLYSLUETTELO

| | |
|--|----|
| Esipuhe | 2 |
| 1 Johdanto | 7 |
| 1.1 Ilmatoriskit | 7 |
| 1.2 Sopeutumiskäytännöt | 7 |
| 1.3 Oppaan tarkoitus ja tavoitteet..... | 7 |
| 1.4 EU-taksonomia..... | 8 |
| 2 Tarkasteltavat ilmatoriskit..... | 9 |
| 3 Ilmastonmuutos Suomessa..... | 10 |
| 3.1 Lämpötila | 10 |
| 3.1.1 Lämpötilan muutokset | 10 |
| 3.1.2 Lämpökuormitus..... | 11 |
| 3.1.3 Lämpö- ja kylmyysaallot | 11 |
| 3.2 Tuuliolot..... | 12 |
| 3.2.1 Tuuliolojen muutokset..... | 12 |
| 3.2.2 Myrskytuulet..... | 12 |
| 3.3 Sateisuus..... | 13 |
| 3.3.1 Sademäärä..... | 13 |
| 3.3.2 Voimakkaat sateet..... | 14 |
| 3.4 Tulvat | 15 |
| 3.4.1 Merivesitulva..... | 16 |
| 3.4.2 Vesistötulva | 17 |
| 3.4.3 Hulevesitulva | 18 |
| 3.4.4 Tulville alttiit rakennukset | 19 |
| 3.5 Muut veteen liittyvät riskit | 21 |
| 3.5.1 Meren happamoituminen | 21 |
| 3.5.2 Meriveden intruusio..... | 21 |
| 3.5.3 Meren pinnan kohoaminen | 21 |
| 3.5.4 Vesistressi ja kuivuus | 22 |
| 3.5.5 Jäätikköjärven purkautuminen..... | 22 |
| 3.6 Maastopalot..... | 22 |
| 3.7 Syklonit, hurrikaanit, taifuunit ja pyörremyrskyt..... | 23 |

| | | |
|--------|---|----|
| 3.8 | Ikiroudan sulaminen..... | 23 |
| 3.9 | Kylmyysaalto, halla ja pakkanen | 24 |
| 3.10 | Maamassoihin ja maaperään liittyvät RISKIT | 24 |
| 3.10.1 | Maaperän ja rannikon eroosio | 24 |
| 3.10.2 | Maanvyöryt ja -sortumat sekä vettyneen rinnemaan valuminen..... | 24 |
| 3.10.3 | Maaperän huonontuminen..... | 25 |
| 4 | Riskitarkastelun suorittaminen..... | 26 |
| 4.1 | Suunnitteilla oleva rakennushanke..... | 26 |
| 4.1.1 | Alue- ja tonttitason tarkastelu..... | 26 |
| 4.1.2 | Rakennustason tarkastelu..... | 27 |
| 4.2 | Olemassa oleva rakennuskanta | 28 |
| 4.2.1 | Karkean tason arviointi..... | 28 |
| 4.2.2 | Syventävä arviointi | 29 |
| 5 | Riskitarkastelun kohteet..... | 30 |
| 5.1 | Pohjaolosuhteet ja perustukset | 30 |
| 5.2 | Tontti ja rakennuksen sijainti | 30 |
| 5.2.1 | Kosteusrasitukset | 30 |
| 5.2.2 | Maastopaloriski..... | 31 |
| 5.3 | Alapohjat ja maanvastaiset seinät | 32 |
| 5.4 | Julkisivu- ja vesikattorakenteet | 34 |
| 5.4.1 | Lämpötila ja kosteusrasitukset..... | 34 |
| 5.5 | Sisäilmaolosuhteet | 38 |
| 6 | Ei merkittävää haittaa -periaate | 40 |
| 6.1 | Ilmatoriskin esiintymisen todennäköisyys..... | 40 |
| 6.2 | Vaikutuksen ja seurauksen analysointi | 41 |
| 6.3 | Merkittävän haitan arviointi | 42 |
| 7 | Sopeuttamistoimet | 44 |
| 7.1 | Tulvariskit | 44 |
| 7.2 | Tontin kosteudenhallinta..... | 44 |
| 7.3 | Julkisivut ja vesikatot..... | 45 |
| 7.4 | Sisäilmaolosuhteet | 46 |
| 7.5 | Alapohjat ja maanvastaiset seinät | 47 |
| 7.6 | Maastopalot..... | 47 |

| | | |
|------|---|----|
| 7.7 | Maaperään liittyvät riskit | 48 |
| 8 | Käytettävä aineisto..... | 49 |
| 9 | Asiantuntijaosaaminen..... | 50 |
| 10 | Ilmastoriskitarkastelun tilaajan ohje | 51 |
| 10.1 | Tavoitteiden asettaminen | 51 |
| 10.2 | Aineiston kokoaminen | 52 |
| 10.3 | Tarjouspyynnön laatiminen..... | 52 |
| 10.4 | Tarjousten vertailu | 53 |
| 10.5 | Neuvottelu ja selonotto | 53 |
| 10.6 | Sopimus..... | 53 |
| | Liite 1. Ilmastovaikutuksia koskevan taksonomiasäädöksen (EU) 2021/2139 liitteen 1 lisäys A (2 sivua) ... | 54 |
| | Lähteet | 56 |

1 JOHDANTO

1.1 ILMASTORISKIT

Ilmasto muuttuu. Rankkasateita ja myrskyjä on odotettavissa nykyistä useammin ja ne ovat voimakkaampia. Vesistö-, meri- ja hulevesitulvat ovat entistä todennäköisempiä ja uhkaavat laajempia alueita. Talvet Etelä-Suomessa tulevat olemaan nykyistä kosteampia. Toisaalta odotettavissa on kuivuusjaksoja, jotka saattavat vaikuttaa muun muassa maaperän olosuhteisiin. Kesäaikaiset hellejaksot pitenevät, mikä nostaa rakennusten sisälämpötiloja ja haittaa rakennusten käyttäjien viihtyvyyttä ja jopa terveyttä.

Rakennuksia ja niiden käyttäjiä varten on suunniteltava sopeutusratkaisuja. Sopeutusratkaisujen suunnittelu perustuu rakennuskohtaisten ilmastoriskien arviointituloksiin. Ilmastoriskit voivat puolestaan liittyä lämpötilaan, tuuleen, veteen tai lumeen, maamassoihin tai maaperään.

Rakennuskohtaiseen ilmastoriskien arviointiin sisältyy todellista tai mahdollista uhkaa aiheuttavien sääilmiöiden ja niiden seurausten tunnistaminen. Tiettyä rakennusta tai sen käyttäjiä uhkaavien sääilmiöiden todennäköisyys on riippuvainen ilmastonmuutoksen etenemisestä ja tarkasteltavan rakennuksen sijainnista. Sääilmiöistä rakennukselle tai sen käyttäjille aiheutuvia vaikutuksia voidaan puolestaan ennakoida tarkastelemalla rakennuksen ja sen käyttäjien haavoittuvuutta.

Rakennusten osalta on välttämätöntä arvioida rakenteiden kestävyyttä ja vikasietoisuutta sekä kosteusteknisten ratkaisujen toimivuutta. Rakennuksen käyttäjistä kaikkein haavoittuvimmassa asemassa ovat yleensä palvelurakennusten asukkaat, joilla ei ole mahdollisuutta välttyä esimerkiksi yllämpimissä tiloissa oleskelemiselta.

1.2 SOPEUTUMISRATKAISUT

Rakennuksia koskevien ilmastoriskien ja sopeutusratkaisujen arviointi on jo nykyisin tärkeä osa ammatti- ja kiinteistöjen hankintaa ja omistamista sekä uudis- ja korjausrakennushankkeiden suunnittelua. Myös EU-taksonomia edellyttää rakennusten ilmastoriskien ja sopeutusratkaisujen arviointia silloin, kun rakennukset luokitellaan ympäristön kannalta kestäviksi.

EU-taksonomian mukaan rakennusten hankinta ja omistaminen sekä uudis- ja korjausrakentaminen voivat olla taksonomiamukaisia 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 sopeutusratkaisut on suunniteltu ja tarpeen mukaan toteutettu. Ilmastoriskien ja sopeutusratkaisujen arviointi on toteutettava ilmastovaikutuksia koskevan taksonomiasäädöksen (EU) 2021/2139 liitteen I lisäyksen A mukaisesti. Ote lisäyksestä A on esitetty liitteessä 1.

Opas rakennuksiin kohdistuvien ilmastoriskien ja sopeutusratkaisujen arvioimiseksi määrittelee, kuinka lisäyksen A mukainen arviointi toteutetaan Suomessa.

1.3 OPPAAN TARKOITUS JA TAVOITTEET

Opas rakennuksiin kohdistuvien ilmastoriskien ja sopeutusratkaisujen arvioimiseksi kuvaa rakennusalan yhteisesti linjaamat hyvät käytänteet rakennuksia koskevien ilmastoriskien ja sopeutusratkaisujen

arvioimiseksi. Samalla opas määrittelee periaatteet, joiden mukaisesti ilmastonmuutokseen sopeutumista koskevia EU-taksonomian säädöksiä sovelletaan rakennusten osalta Suomessa.

Oppaan tavoitteena on varmistaa, että eri asiantuntijoiden tuottamat ilmastoriskien ja sopeutusratkaisujen arviointiraportit ja niiden pohjalta tehdyt johtopäätökset ovat keskenään vertailukelpoisia. Tällöin myös rakennusten taksonomiamukaisuutta koskevat johtopäätökset ovat ilmastonmuutokseen sopeutumisen osalta keskenään vertailukelpoisia.

Opas keskittyy rakennuskohtaisten ilmastoriskien ja sopeutusratkaisujen arviointiin, mutta sitä voi soveltuvin osin hyödyntää myös muuta rakennettua ympäristöä uhkaavien ilmastoriskien ja sopeutusratkaisujen arvioinnissa.

Oppaan keskiössä ovat pientaloja suuremmat rakennukset. Oppaassa esitetyt periaatteet ovat kuitenkin skaalattavissa. Niitä voi soveltuvin osin hyödyntää arvioitaessa pientaloja koskevia ilmastoriskejä ja sopeutusratkaisuja. Oppaan periaatteet skaalautuvat myös toiseen suuntaan, sillä oppaan periaatteita voi soveltuvin osin hyödyntää myös aluetasoisien ilmastoriskien arvioinnissa ja kaavatasolla tehtävien sopeutusratkaisujen suunnittelussa.

1.4 EU-TAKSONOMIA

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 kestävä, kun toiminta edistää merkittävästi vähintään yhtä ympäristötavoitetta, eikä aiheuta merkittävää haittaa millekään muulle ympäristötavoitteelle. Taksonomiassa on määritelty yhteensä kuuden eri ympäristötavoitteen näkökulmasta kriteerit, jotka taksonomiamukaiseksi raportoitavan taloudellisen toiminnan on täytettävä. Yksi kuudesta EU-taksonomian ympäristötavoitteesta koskee ilmastonmuutokseen sopeutumista. (EU:n taksonomia-asetus, 3 artikla)

EU:n taksonomialainsäädäntö edellyttää jo nykyisin säännönmukaista taksonmiaraportointia kaikilta kestävästä rahoituksesta tarjoavilta tahoilta sekä suurilta pörssilistatuilta yrityksiltä. Taloudellisten kannusteiden vuoksi taksonomiamukaisuuteen pyrkiminen on taksonmiaraportoinnin piirissä oleville tahoille lähes välttämätöntä. Lähivuosina lakisäätöisen taksonmiaraportoinnin piirissä olevien yritysten määrä tulee kasvamaan ja raportointi on tulossa auditointivelvollisuuden piiriin. Suurten yritysten arvoketjujen kautta taksonmiaraportoinnin vaatimukset ulottuvat jo nykyisin myös pk-yrityksiin.

2 TARKASTELEVAT ILMASTORISKIT

Suoritettaessa ilmastoriskien haittavaikutusten tarkastelua EU-taksonomian mukaisella *ei merkittävää haittaa* -periaatteella tulee riskiarvio tehdä kaikkien taulukossa 2.1 esitettyjen ilmastoriskien osalta. Ei merkittävää haittaa -periaatteesta käytetään myös Suomessa termiä DNSH-arviointi (*Do No Significant Harm*).

Ilmastoriskit on jaettu taulukon mukaisesti kroonisiin ja akuutteihin. Edelleen riskit on jaoteltu neljään pääryhmään, joiden alla on lämpötiloihin, tuuleen, veteen ja maaperään liittyvät ilmastoriskit. Suoritettaessa tarkastelua yksittäiseen rakennushankkeeseen, voi olla perusteltua yhdistellä ilmastoriskejä taulukosta poikkeavalla tavalla. Suomessa yksi tyypillinen esimerkki on viistosaderasituksen jälkeen tapahtuva jäätyminen.

Taulukko 2.1. Tarkasteltavat ilmastoriskit (lähde: (EU) 2021/2139 liitteen 1 lisä 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 / pakkane | 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 | |

3 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 olemassa olevia tutkimuksia liittyen ilmastonriskien arviointiin. Kaikkia tarkasteltavien ilmastonriskien 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 päästökaasun kasvun skenaariota, päästöjen merkittävän lisääntymisen skenaariota sekä niiden välisiä maltillisten 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-skenaarioilla 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 2030 vuoden jälkeen.

Koska skenaariot ja niihin perustuvat mallit ovat jatkuvasti päivittyviä, on ilmastonriskejä 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.

3.1 LÄMPÖTILA

3.1.1 Lämpötilan muutokset

Lämpötilat tulevat nousemaan Suomessa melko tasaisesti riippumatta sijainnista, joskin lähes jokaisena kuukautena keskilämpötilan nousu on suurempaa pohjoisessa Suomessa suhteessa eteläiseen. Kaikilla sijainneilla lämpötilan nousu on merkittäväntä talviaikaan. (Ruosteenoja & Jylhä 2022). Taulukossa 3.1 on esitetty kolmella eri SSP-skenaariolla lasketut koko Suomen keskimääräiset lämpötilanousut eri vuodenaikoina.

Taulukko 3.1. Keskimääräinen lämpötilan kasvu Suomessa eri SSP-skenaarioilla vuosien 2050 ja 2080 ilmas-
toissa eri vuodenaikoina. Talvi = jouluihelmikuu, kevät = maaliskuu, kesä = kesä-elokuu,
syksy = syysmarraskuu. (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 tulee kaikilla SSP-skenaarioilla pienene-
mään sitä enemmän mitä lähemmäs vuosisadan loppua mennään tai mitä voimakkaampaa ilmastonmuu-
tosennustetta käytetään. Skenaariolla SSP1-2.6 2050 vuorokauden sisäinen lämpötilaero tulee pienemmään kes-
kimäärin 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 pysy-
vät lähes nykyisenkaltaisina. (Ruosteenoja & Jylhä 2022)

3.1.2 Lämpökuormitus

Hyvin korkeiden lämpötilojen todennäköisyys kasvaa huomattavasti tulevaisuudessa. Toisaalta hyvin matalien
lämpötilojen todennäköisyydet pienenevät. Esimerkiksi Jokioisilla nykyisin kerran 10 vuodessa ylittettävä läm-
pötila (31,3 °C) ylitetään 2050 joka kolmas vuosi, mutta nykyisin joka toinen vuosi tapahtuva lämpötilan -27
°C alitus käy puolestaan hyvin harvinaiseksi. Siten lämpötilavaihteluiden kokonaissuuruus ei välttämättä mer-
kittävästi muutu. (Jylhä ym. 2020)

Korkeilla lämpötiloilla on selkeä yhteys rakennusten jäähdytystarpeeseen. Ilmastonmuutos lisää aktiivista
jäähdytystä vailla olevien rakennusten ylälämpenemistä tulevaisuudessa ja äärimmäisen hellekesän huoneläm-
pötilat 1000 kuumimman tunnin aikana nousevat vuoteen 2050 mennessä keskimäärin noin 1–2 °C päästöske-
naariosta riippuen verrattuna vuoden 2018 hellekesän huonelämpötiloihin. Lämmitystarve puolestaan vähenee
keskilämpötilan noususta erityisesti talvikuukausina. (Lahdensivu ym. 2023)

3.1.3 Lämpö- ja kylmyysaallot

Molemmat lämpötilojen ääripäät, helle- ja kylmät jaksot, lisäävät kuolleisuutta. Suomessa nykyilmastossa
kuolleisuus on ollut merkittävästi suurempaa kylminä kuin lämpiminä kausina. Lämpötilojen noustessa kriit-
tisin merkitys lisääntyneeseen 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 yksittäisten ääri-
lämpötilojen sijaan. Nykyilmastossa helleaaltopäiviä on Helsingin seudulla keskimäärin 9,4 vuodessa ja määrä
lisääntyy käytetystä skenaariosta riippuen 14–23 päivään vuodessa vuoteen 2050 mennessä ja 15–46 päivään
vuodessa vuoteen 2080 mennessä. (Lahdensivu ym. 2023)

Ankarien pakkaspäivien määrä sekä pakkasjakson kesto tulevat väheneämään huomattavasti tulevaisuuden il-
mastossa. Ruosteenoja ym. (2013) on tarkastellut rajalämpötiloja kylmille jaksoille sijaintikohtaisesti eli ran-
nikolla rajana on pidetty alle -15 °C:een keskimääräistä vuorokauden lämpötilaa, eteläisessä sisämaassa -20
°C ja Lapissa -25 °C. Taulukossa 3.2 on esitetty nykytilanne sekä arvio tulevaisuuden ilmastosta.

Taulukko 3.2. Kylmien päivien keskimääräinen vuotuinen lukumäärä sekä talven pisimmän yhtämittaisen kylmän jakson kesto-aika Suomen nykyilmastossa (1971–2000) sekä vuosien 2050 ja 2080 ilmastossa (keskitason skenaario). (Ruosteenoja ym. 2013)

| Sijainti | Raja- lämpö- tila | Nykyilmasto | | 2050 | | 2080 | |
|-----------------------|-------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| | | Määrä [kpl/vuosi] | Kesto-aika [vrk] | Määrä [kpl/vuosi] | Kesto-aika [vrk] | Määrä [kpl/vuosi] | Kesto-aika [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 |

3.2 TUULIOLOT

3.2.1 Tuuliolojen muutokset

Ilmastonmuutosennusteiden mukaan tuulisuuden muutoksen arviointi riippuu jonkin verran käytettävistä ilmastomalleista ja 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 1 %-yksikön sisällä toisistaan Vantaalla ja Sodankylässä niin vuonna 2050 kuin 2080:kin. Oheisessa taulukossa 3.3 on esitetty koko Suomen keskimääräiset tuulennopeuden muutokset tuoreimmilla SSP-skenaarioilla. (Jylhä et al. 2020)

Taulukko 3.3. Maanpinnan tason keskimääräiset tuulennopeuden muutokset [%] Suomessa eri SSP-skenaarioilla vuosien 2050 ja 2080 ilmastoissa eri vuodenaikoina. Talvi = joului-helmikuu, kevät = maaliskuu-toukokuu, kesä = kesä-elokuu, syksy = syys-marraskuu. (Ruosteenoja & Jylhä 2022)

| | 2050 [%] | | | 2080 [%] | | |
|-------------------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | SSP1-2.6 | SSP2-4.5 | SSP5-8.5 | SSP1-2.6 | SSP2-4.5 | SSP5-8.5 |
| Talvi | -1 | 0 | 0 | -1 | 0 | 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 |

3.2.2 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 lisäänty merkittävästi ainakaan lähivuosikymmeninä. Sen sijaan voimakkaan lämpenemisen skenaarioissa vuosisadan loppupuolella voimakkaiden ukkosten esiintyvyys kasvaa ja siten myös voimakkaiden ukkospuuskien (Gregow ym. 2020). Voimakkaimpien tuuli-ilmiöiden (myrskyt ja syöksyvirtaukset) esiintymisessä niin nykyilmastossa kuin tulevaisuudessakin keskeistä on niiden hyvin satunnainen esiintyminen: yksi erittäin voimakas tilanne saattaa aiheuttaa valtaisan vahingot. Pöly- ja hiekka-myrskyjen riski Suomessa on tulevaisuudessakin melko vähäinen metsäisyyden ansiosta.

Lumimyrskyksi on määritelty tilanne, jolloin puuskatuulen nopeus on vähintään 21 m/s ja siihen yhdistyy n. 15...20 cm edestä lumisadetta. Vuosina 1965–2005 kyseisenkaltaisia lumimyrskyjä tunnistettiin eteläisen ja Lounais-Suomen alueella 8 kpl. 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 ilmassa törmää useammin esiintyvään lämpimään, kosteaan ilmassaan.

3.3 SATEISUUS

3.3.1 Sademäärä

Sademäärä lisääntyy kaikkina vuodenaikoina, kaikilla sijainneilla, kaikista ilmansuunnista sadehetken tuulensuunnan mukaan jaettuna ja kaikilla RCP-skenaarioilla. Merkittävin vuodenaikaan liittyvä kasvu tapahtuu talvikuukausina, vähäisintä kesäisin. Taulukossa 3.4 on esitetty sateisuuden kasvu vuodenaikoittain eri sijainneilla skenaariolla RCP4.5 (Jylhä ym. 2020) ja taulukossa 3.5 keskimääräinen kasvu eri vuodenaikoina koko Suomessa SSP-skenaarioilla (Jylhä & Ruosteenoja 2022).

Taulukko 3.4. Sademäärän prosentuaalinen muutos skenaarion RCP4.5 mukaan eri sijainneilla ja eri vuodenaikoina vuosien 2050 ja 2080 ilmastoissa. Talvi = joului-helmikuu, kevät = maaliskuu-toukokuu, kesä = kesä-elokuu, syksy = syys-marraskuu. (Jylhä ym. 2020)

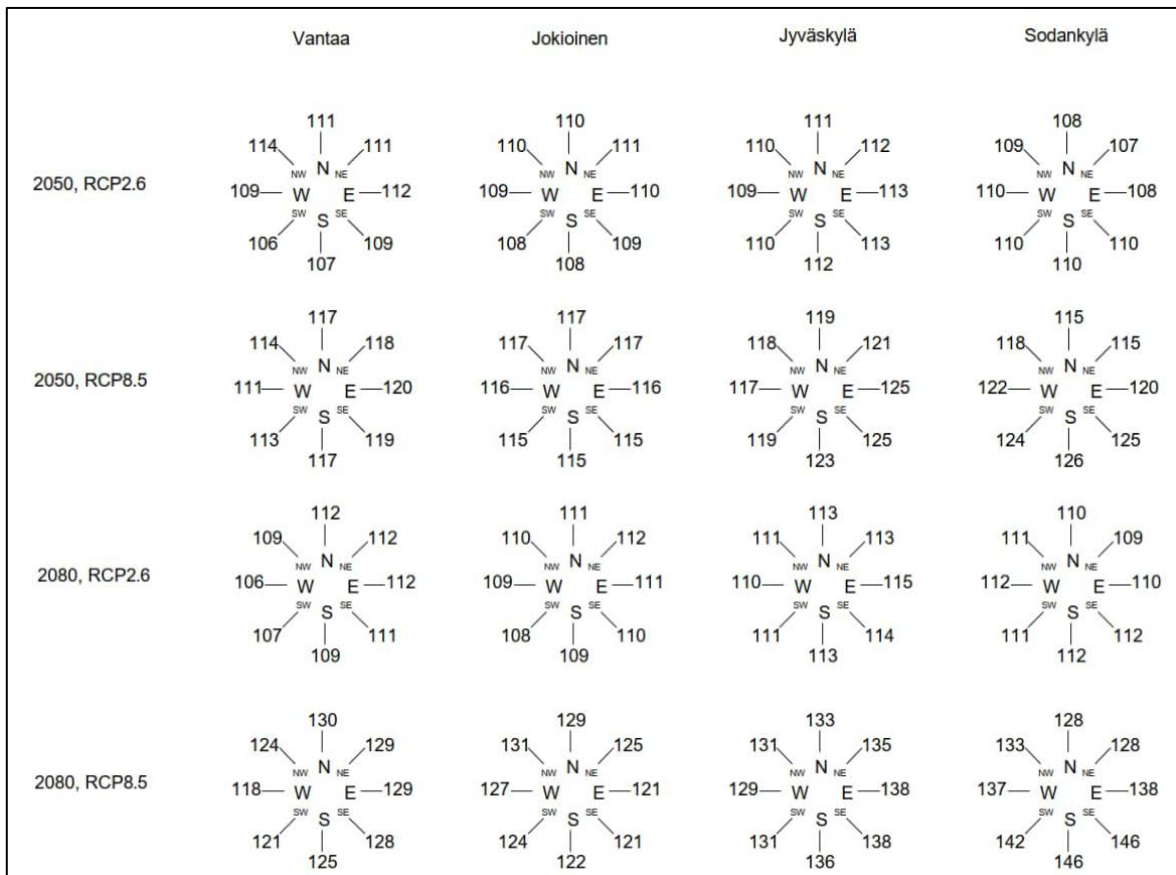
| | Vantaa | | Jokioinen | | Jyväskylä | | Sodankylä | |
|--------------|----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| | 2050 | 2080 | 2050 | 2080 | 2050 | 2080 | 2050 | 2080 |
| Talvi | 8 | 12 | 8 | 12 | 8 | 13 | 10 | 14 |
| Kevät | 6 | 8 | 5 | 7 | 6 | 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 3.5. Sademäärien prosentuaalinen muutos SSP-skenaariolla (Jylhä & Ruosteenoja 2022). Talvi = joului-helmikuu, kevät = maaliskuu-toukokuu, kesä = kesä-elokuu, syksy = syys-marraskuu.

| | 2050 [%] | | | 2080 [%] | | |
|-------------------|----------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| | 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 |

Säälle alttiita rakenteita tarkasteltaessa on usein oleellista arvioida sademäärän sijaan viistosateen määrää, joka kuvaa sitä sademäärää, joka päättyy tuulen mukana pystysuorille pinnoille. Koska rannikolla tuulee tyypillisesti kovempaa sadehetkien aikoina, myös suurempi osuus sateesta päättyy pystypinnoille. Kuvassa 3.1 on esitetty viistosademäärien suhteellinen muutos nykyilmastoon nähden eri ennusteilla ja eri ilmansuunnissa. Kuten kuvasta nähdään, viistosademäärän lisääntyminen on nykytilanteeseen nähden melko tasaista kaikissa ilmansuunnissa lähes riippumatta käytetystä ennusteesta. RCP2.6- ja RCP4.5-ennusteilla kasvu on merkittävintä jo vuoden 2050 mennessä, mutta RCP8.5-ennusteella kasvu on voimakasta myös siitä eteenpäin. Eri sijaintien välillä

suhteellisessa kasvussa ei ole merkittävää eroa ennusteella RCP2.6, muilla ennusteilla on sijaintikohtaisia eroja. Tapauksissa, joissa viistosademäärä kasvaa suhteellisesti enemmän, 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 suhteellinen kasvu onkin pienempää. (Laukkarinen ym. 2022)



Kuva 3.1. Viistosademäärien suhteellinen kasvu nykyilmastoon verrattuna eri sijainneilla ja eri ilmasuunnissa vuoden 2050 RCP-ilmastonmuutosennusteilla. (Laukkarinen ym. 2022)

Ilmastonmuutosennusteiden mukaan rannikko-olosuhteet ankaroituvat entisestään, eteläinen Suomi alkaa rasisitustasoltaan muistuttaa rannikon nykyolosuhteita, sisämaa eteläistä Suomea ja Lappi sisämaata. Samoin eteläisten julkisivujen rasisitustaso nousee, länsi- ja itäjulkisivujen rasisitustaso lähestyy nykyistä etelänsuuntaista rasisitusta ja pohjoisjulkisivun rasisitustaso puolestaan itä- ja länsijulkisivujen nykyistä rasisitustasoa.

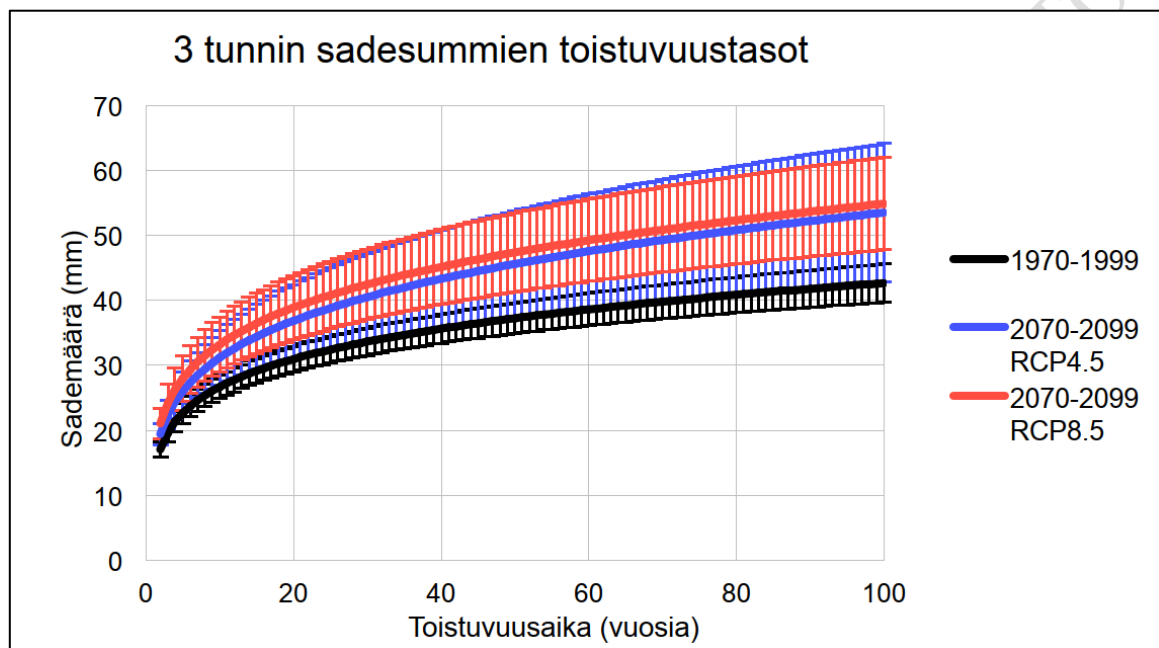
3.3.2 Voimakkaat sateet

Ilmastomallien perusteella rankkasateiden esiintyvyys ja sadetapahtumien voimakkuus kasvavat ilmastonmuutoksen seurauksena kaikkina vuodenaikoina. Tämä lisää muun muassa kosteuden aiheuttaman rasisituksen 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 kyllästynyempi vedellä tai jäässä. (Gregow et al. 2021, Ruosteenoja et al. 2016)

Rankkasateiden (≥ 20 mm/h tai ≥ 50 mm/vrk) todennäköisyys kasvaa tulevaisuuden ilmastossa huomattavasti. Esimerkiksi pääkaupunkiseudulla nykyisin kerran 100 vuodessa esiintyvät kolmen tunnin kestoiset rankkasateet esiintyvät vuoden 2080 ilmastossa kerran 30 vuodessa. (Jylhä ym. 2020). Kuvassa 3.2 on esitetty 3 tunnin sadesummien toistuvuustasot pääkaupunkiseudulla vuosien 1970–1999 ilmastossa sekä vuoden 2080 RCP4.5- ja RCP8.5-skenaarioiden ilmastossa. (Jylhä ym. 2020)



Kuva 3.2. *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)*

Lumisuus tulee kaikilla skenaarioilla vähenevään tulevaisuudessa kaikkialla Suomessa. Verrattuna vuosien 1971–2000 lumimäärän keskiarvoon Jokioisissa kyseinen määrä ylitetään vuoden 2080 ilmastossa kerran 30 vuodessa ja Sodankylässä neljä kertaa 30 vuodessa. (Ruosteenoja 2013)

3.4 TULVAT

Veteen liittyvistä akuuteista riskeistä tulvat ovat viistosaderasituksen ohella Suomessa merkittävimpiä. Tulvat voidaan jakaa kolmeen eri tulvatyyppiin: merivesi-, vesistö- ja hulevesitulviin. Eri tulvatyyppien syntyminen vaihtelee, joten myös ilmastonmuutoksen vaikutukset eri tulvatyyppien esiintymiselle ovat erilaisia. Merivesi- ja vesistötulva-alueita ja tulvien toistuvuutta voi tarkastella Suomen ympäristökeskuksen ylläpitämän tulvakarttapalvelun avulla.

3.4.1 Merivesitulva

Meriveden nopeat pinnannousut Itämerellä johtuvat kovista tuulista, ilmanpaine-eroista sekä Itämeren ominaisheilahtelusta. Lähtökohtaisesti suuret merivesitulvat johtuvat useasta eri tekijästä, eivätkä aiheudu ainoastaan yhdestä edellä mainitusta tekijästä. Itämeren valtamerestä erottava kapea Kattegatin salmi voi vaikuttaa myös merivesitulvan keston pitämällä tuulen aiheuttamaa vedenpinnan nousua korkealla useita viikkoja ennen pinnan laskemista valtameren tasolle. (Parjanne ym. 2018)

Itämeren meriveden pinnannousu ilmastonmuutoksen vaikutuksesta on noin 20 % pienempää kuin maailmanlaajuinen keskiarvo, koska jäätiköiden epätasainen sulaminen sekä meriveden lämpölaajeneminen vaikuttavat Itämeren alueella enemmän kuin muualla. Etelämantereen sulaminen vaikuttaa Grönlannin mannerjäätikön sulamista enemmän, koska maankuori kohoaa vielä sulavan jäätikön lähellä. Suomessa maankohoaminen on voimakasta erityisesti Perämerellä, noin 3 mm/vuosi, joten Suomessa merenpinnan nousu on normaalia keskiarvoa pienempää. Toisaalta Suomessa meriveden lämpölaajenemisen vaikutus on normaalia hieman suurempaa. Taulukossa 3.6 on esitetty keskivedenkorkeuden muutos tulevaisuuden ilmastossa. (Kahma ym. 2014)

Parhaan arvion mukaan keskivedenkorkeus nousee noin 30 cm Suomenlahdella, kun Perämerellä se vastavasti laskee noin 25 cm paikkakunnasta riippuen. Suurimpien muutosten tapahtuessa keskivedenkorkeus voi nousta jopa yli 90 cm Suomenlahdella ja yli 24 cm Perämerellä. Taulukosta nähdään myös, että parhaan arvion mukaan Vaasassa ja sitä pohjoisemmassa maankohoaminen on suurempaa kuin merenpinnan nousu. (Kahma ym. 2014)

Taulukko 3.6. Keskimääräisen merenpinnan tason muutos vuosina 2000–2100 mareografipaikkakunnilla (meriveden korkeuden mittausasemat) (Kahma ym. 2014).

| Mareografi | Keskivedenkorkeuden muutos vuosina 2000–2100 [cm] | | | Keskivedenkorkeus vuonna 2100 [N2000*, cm] | | |
|-------------|---|-------------|---------|--|-------------|---------|
| | alin | paras arvio | korkein | alin | paras arvio | korkein |
| Kemi | -64 | -25 | 27 | -44 | -5 | 47 |
| Oulu | -61 | -23 | 29 | -40 | -2 | 50 |
| Raahe | -64 | -25 | 27 | -44 | -6 | 46 |
| Pietarsaari | -65 | -27 | 25 | -46 | -8 | 44 |
| Vaasa | -67 | -28 | 24 | -47 | -9 | 43 |
| Kaskinen | -59 | -19 | 37 | -39 | 0 | 56 |
| Mäntyluoto | -50 | -11 | 45 | -31 | 8 | 64 |
| Rauma | -42 | -2 | 54 | -24 | 16 | 72 |
| Turku | -29 | 11 | 67 | -11 | 29 | 85 |
| Föglö | -31 | 9 | 64 | -15 | 24 | 80 |
| Hanko | -14 | 26 | 84 | 4 | 45 | 102 |
| Helsinki | -8 | 33 | 90 | 12 | 53 | 110 |
| Hamina | -5 | 36 | 94 | 16 | 57 | 115 |

*N2000-korkeusjärjestelmällä kuvataan muun muassa meriväylien syvyystietoja, jotka ottavat huomioon myös maanpinnan kohoamisen.

Merivesitulvien toistuvuus muuttuu keskivedenkorkeuden kasvaessa tulevaisuuden ilmastossa. Nykyiset kolmesti sadassa vuodessa esiintyvät tulvat tulevat esiintymään vuonna 2050 noin neljä kertaa 100 vuoden aikana ja vuonna 2100 joka toinen vuosi. Taulukossa 3.7 on esitetty eri tulvien toistuvuus tulevaisuuden ilmastossa vuosina 2010, 2050 ja 2100. (Pellikka ym. 2018)

Taulukko 3.7. Merivedenkorkeus eri toistuvuuksilla vuosina 2010, 2050 ja 2100 (Pellikka ym. 2018)

| Ylittymistäajuus (tapausta/vuosi) | Veden korkeus (cm) N2000-järjestelmässä | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---|------|------|------|------|------|-------|------|------|
| | 1/20 | | | 1/50 | | | 1/100 | | |
| | 2010 | 2050 | 2100 | 2010 | 2050 | 2100 | 2010 | 2050 | 2100 |
| Vuosi | 2010 | 2050 | 2100 | 2010 | 2050 | 2100 | 2010 | 2050 | 2100 |
| Kemi | 194 | 179 | 196 | 214 | 199 | 217 | 229 | 214 | 233 |
| Oulu | 192 | 179 | 198 | 211 | 198 | 218 | 226 | 213 | 233 |
| Raahe | 162 | 149 | 172 | 176 | 163 | 189 | 186 | 173 | 201 |
| Pietarsaari | 147 | 133 | 157 | 159 | 146 | 174 | 168 | 155 | 186 |
| Vaasa | 143 | 128 | 149 | 158 | 143 | 167 | 169 | 155 | 180 |
| Kaskinen | 140 | 129 | 160 | 154 | 143 | 177 | 164 | 154 | 190 |
| Mäntyluoto | 134 | 127 | 163 | 147 | 140 | 179 | 157 | 150 | 192 |
| Rauma | 134 | 130 | 171 | 146 | 142 | 188 | 155 | 152 | 200 |
| Turku | 137 | 139 | 187 | 149 | 151 | 204 | 157 | 160 | 216 |
| Föglö | 117 | 118 | 166 | 129 | 130 | 183 | 138 | 139 | 195 |
| Hanko | 134 | 142 | 200 | 146 | 154 | 217 | 155 | 163 | 229 |
| Helsinki | 159 | 168 | 225 | 174 | 183 | 243 | 185 | 194 | 256 |
| Hamina | 194 | 204 | 258 | 212 | 222 | 278 | 225 | 236 | 293 |

Vuoden 2010 toistuvuudet tulevat kasvamaan tulevaisuuden ilmastossa merkittävästi erityisesti Suomenlahdella. Kerran sadassa vuodessa esiintyvä tulva, jota käytetään suosituksena esimerkiksi sisävesialueiden alimmille rakentamiskorkeuksille, tulee kasvamaan merkittävästi nykyisestä kerran sadassa vuodessa esiintyvistä tulvasta (Parjanne & Huokuna 2014). Tällä on vaikutusta erityisesti nykyisten toistuvuuksien mukaan rakennettuihin rakennuksiin, joiden rakentamiskorkeus on huomattavasti alhaisempi kuin kerran sadassa vuodessa esiintyvän tulvan vedenkorkeus tulevaisuudessa.

3.4.2 Vesistötulva

Rankkasateet ja lumien sulaminen aiheuttavat vesistötulvia joissa ja järvissä. Vesistöiden tulvat voivat aiheutua myös järviolueiden suurista vedenkorkeuksista perättäisten märkien jaksojen seurauksena, jääpatoutumista jäiden lähdön aikaan, virtausaukkojen ja uomien tukkeutumisesta sekä alijäähtyneen veden jään patoutumisesta eli hyydetulvasta. (Parjanne & Huokuna 2014)

Ilmaston lämmitessä lumen määrä vähenee, joten kevään sulamistulvat vähenevät. Lumen määrän väheneminen vaikuttaa erityisesti Keski- ja Itä-Suomen latvesistöjen sekä osan Pohjanmaan jokien tulvien pienemiseen. Pohjois-Suomessa kevättulvat säilyvät kuitenkin suurimpina tulvina, kun Etelä-Suomessa tulviin eniten vaikuttava tekijä on sademäärän muutos, jolloin syksyn ja talven tulvat kasvavat suurimmiksi tulviksi. (Veijalainen ym. 2012)

Sateiden lisääntyessä sekä kevään aikaistuessaa vaikutukset näkyvät suurissa keskusjärvissä sekä niiden laskujoissa. Tulvariski kasvaa myös joissakin etelä- ja lounaisrannikon jokivesistöissä, joissa tulvia esiintyy nykyilmastossa syksyn ja talven aikana. Tulvien arvioidaan lisääntyvän Saimaan, Vuoksen, Kokemäenjoen, Päijänteen, Kymijoen sekä Oulujoen vesistöissä. Myös Kemijoen vesistöissä arvioidaan tulvien lisääntymistä poiketen muista Lapin vesistöistä. (Veijalainen ym. 2012)

Ilmastonmuutoksen myötä hyydetulvariski kasvaa entisestään. Hyydetulvaa on tarkasteltu Kokemäenjoen osalta, jossa tulvariski kasvoi huomattavasti. Myös muualla Etelä- ja Keski-Suomessa arvioidaan hyydetulvariskin kasvavan talven virtaamien kasvaessa ja jääkannen synnyn myöhentyessä, mikä tarkoittaa erityisesti alkutalven tulvien lisääntymistä. (Veijalainen ym. 2012)

Talvien lyheneminen ja märkien jaksojen lisääntyminen johtaa korkeampiin pohjavedenkorkeuksiin talvella, kun kevään aikaistuminen ja kuivuusjaksojen piteneminen laskee loppukesän pohjavedenkorkeutta merkittävästi. Keski-, Itä- ja Pohjois-Suomessa alimmat pohjavedenkorkeudet ovat alkukevään aikana, joten talven lyheneminen nostaa alhaisimpia pohjavedenkorkeuksia entisestään. Ainoastaan Etelä- ja Lounais-Suomessa alimmat pohjavedenkorkeudet laskevat. (Veijalainen ym. 2012)

3.4.3 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)

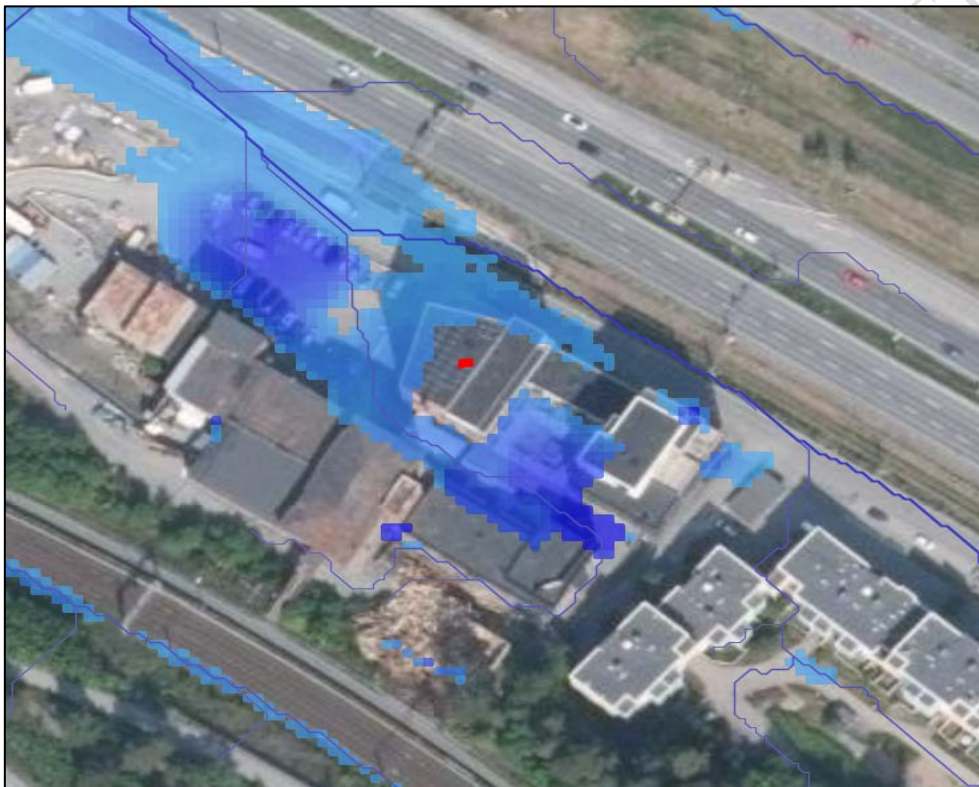
Yhtenä suurimpana tulevaisuuden tulvariskien suorana vaikutuksena arvioidaan olevan hulevesitulvien aiheuttamat ongelmat, joita ovat rakennusten ja laitteiden kastumiset sekä erilaisten palveluiden, liikenteen, tiedon siirron ja energiahuollon katkokset (Parjanne ym. 2018). Taajama-alueiden lisäksi pienten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

Rakennusten kastuminen hulevesitulvien seurauksena 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 päivitettyt ohjeet hulevesiviemäreiden mitoittamiseksi ilmastonmuutoksen osalta. Hulevesioppaan mitoitusohjeeseen on kuitenkin ehdotettu päivitystä ilmastonmuutuskertoimeen, jonka perusteella hulevesijärjestelmät nykyisin mitoitetaan (Toivonen ym. 2021). Hulevesiverkostosta ei ole myöskään

kattavia tietoja. Ilmastonmuutoksen vaikutusta kaupunkialueilla voidaan kuitenkin arvioida kokonaissademäärän muutoksella.

Nykyilmastossa rankkasateita esiintyy jo ajoittain eri puolella Suomea, aiheuttaen yleensä tulvia erityisesti kaupunkialueilla. Elokuussa 2022 Tampereella koettiin rankkasadetulva, joka aiheutti paikallisesti jopa 70 senttimetrin syvyisiä lätäköitä. Rankkasateen aiheuttamia tulvia on samassa paikassa koettu useammin.

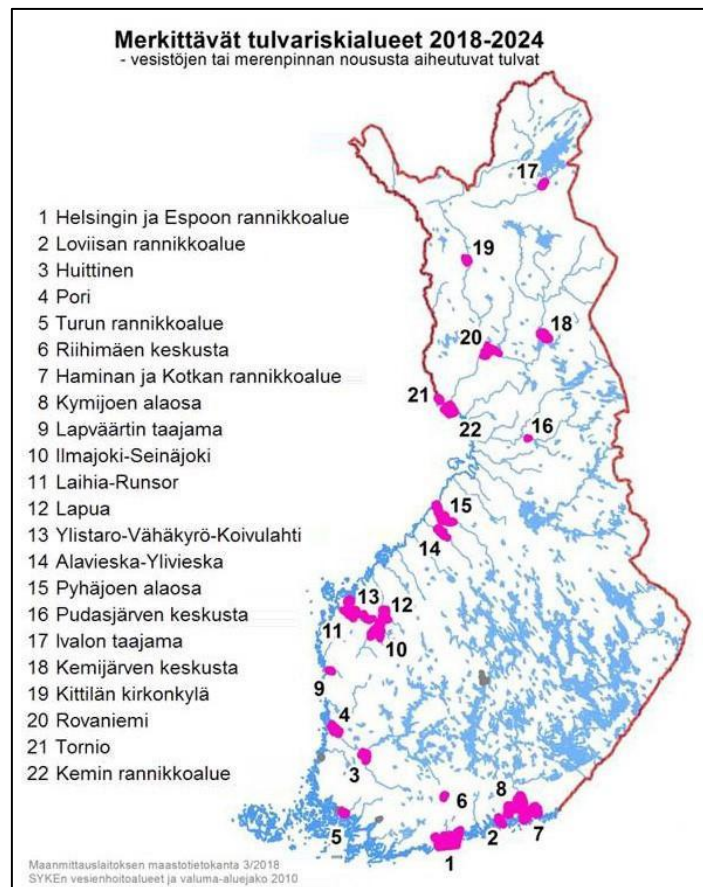
Esimerkki hulevesitulvan riskiarviosta on esitetty kuvassa 3.3. Sinisellä värillä kuvataan korkeusmalliin tai pintavaaitukseen perustuvia ympäristöään alemmaksi jääviä painanteita, joihin hulevesiä voi kerääntyä. Tummemmat sävyt kuvaavat riskialtteimmat kohdat.



Kuva 3.3. Esimerkki hulevesitulvariskiarviosta, jossa sinisellä värillä kuvataan alueita, joille hulevesiä voi kerääntyä maanpinnan muodoista johtuen. (lähde Ramboll Finland Oy)

3.4.4 Tulville alttiit rakennukset

Suomessa on nimetty vuosille 2018–2024 22 merkittävää vesistö- tai merivesitulvariskialuetta, joista sisävesistöjen varrella sijaitsee 17 aluetta ja meren rannikolla viisi (kuva 3.4). Tulvariskialueiden nimeämisessä on otettu huomioon ilmastonmuutoksen vaikutus, aikaisemmin koetut tulvatilanteet, tarkentuneet paikka- ja muut tiedot sekä tulvariskien hallinnan toimenpiteet. (Maa ja metsätalousministeriö 2018) Kaupunkien ja taajamien keskustoista ei vastaavaa hulevesitulvariskikarttaa ole laadittu.



Kuva 3.4. Merkittävät Suomen vesistö- ja merivesitulvariskialueet 2018-2024 (Vesi 2021).

Merkittävien tulvariskialueiden rakennusmääriä voidaan arvioida tulvakarttapalvelun (Tulvakeskus 2022) avulla tarkastelemalla alueita kerran tuhannessa vuodessa esiintyvällä tulvalla, jonka on arvioitu olevan kerran sadassa vuodessa esiintyvä tulva vuosisadan loppuun mennessä (Suomen ympäristökeskus & ELY-keskukset 2020). Merkittävien tulvariskialueiden rakennusmäärät tulvakarttapalvelusta on esitetty taulukossa 3.8.

Taulukko 3.8. Merkittävimpien vesistö- ja merivesitulvariskialueiden rakennusmäärät (Tulvakeskus 2022).

| Merkittävät tulvariskialueet | Rakennusmäärä [kpl] | Suhteellinen osuus [%] |
|------------------------------|---------------------|------------------------|
| Pori | 4359 | 27 |
| Rovaniemi | 3422 | 20 |
| Ivalo | 1798 | 11 |
| Hamina | 1398 | 8 |
| Helsinki | 748 | 4 |
| Muut* | 5109 | >4 |
| Yhteensä | 17014 | |

*Yksittäisten alueiden osuus

Rakennusmäärällisesti merkittävimmät tulvariskialueet ovat Pori ja Rovaniemi, joiden osuudet ovat yhteensä melkein 50 % kaikista tulvariskialueiden rakennuksista. Merkittävimmät tulvalle alttiit rakennustyyppit ovat omakoti- ja paritalot, jotka kattavat noin 63 % kaikista tarkasteltavien tulvariskialueiden rakennuksista. Muita rakennustyyppisiä esiintyy huomattavasti vähemmän. Tulvakarttapalveluun liittyy kuitenkin epävarmuuksia, joten todelliset luvut voivat poiketa edellä esitetyn taulukon 3.8 luvuista. (Lahdensivu ym. 2023)

3.5 MUUT VETEEN LIITTYVÄT RISKIT

3.5.1 Meren happamoituminen

Meren happamoituminen tarkoittaa meren pH-arvon pientymistä. 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, mutta vakava 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 tai alueilla, joihin suovedet pääsevät kulkeutumaan. Litorinameri on ollut nykyistä Itämeren laajempi merialue, jonka suolapitoisuus on myös ollut nykyistä Itämeren korkeampi. Maanpinnan kohotessa ja rantaviivan siirtyessä meriveden suolan vaikutus on jäänyt maaperään, josta johtuu edellä kuvattu aggressiivisuus.

3.5.2 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). Meriveden intruusiolle voi altistua esimerkiksi merenpinnan nousun tai myrskyvuoksen kautta. Myrskyvuoksessa merenpinnan nopea nouseminen on seurausta voimakkaasta matalapaineesta sekä tuulenpaineesta.

Suolarasituksen ei kuitenkaan arvioida olevan jatkuvaa rakenteisiin, jotka eivät ole siihen suunniteltuja ja on arvioitu, että 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).

3.5.3 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 hie-
man nousta (ks. Merivesitulva).

3.5.4 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 säädelyä 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 eri ilmastovaikutuksille, 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 vähyden ja pohjavesiesiintymien hajanaisuuden sekä vesivarojen suuren hyödyntämistason 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 käyttötyyppin 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, maaperän kantavuuden heikentymiselle tai vesistressille, jotka on käsitelty omina riskeinään.

3.5.5 Jäätikköjärven purkautuminen

IPCC:n (6. raportti, 2021) mukaan jäätiköt jatkavat kutistumistaan (korkea varmuus). Suomea lähimmät jäätiköt sijaitsevat Norjassa, Ruotsissa ja Venäjällä. Suomessa ei ole jäätiköitä, joten riskejä kiinteistöihin ei ole tunnistettu.

3.6 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 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 salamet, 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 keskiarvomutosta suurempaa, joten myös maastopaloriski kasvaa pohjoisilla alueilla.

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

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

Maastopalariskin kasvun vaikutus rakennuskannalle ei ole yksiselitteinen, eikä numeerista ennustetta riskin kasvamisesta rakennuskannan näkökulmasta ole annettu. Suomessa laajojen maastopalojen riskit kohdistuvat alueille, joissa rakennuksia on lukumääräisesti vähän. Paloalueiden rajaaminen vesistöihin ja kattavaan metsätieverkostoon tukeutuen on helpompaa suhteessa maailmalla esiintyviin laajoihin maastopaloihin nähden.

Maastopalariskin kasvaessa rakennuksille Suomessa aiheutuva riski tulee kuitenkin jatkossakin koskemaan suhteellisen pientä osaa Suomen rakennuskannasta.

3.7 SYKLONIT, HURRIKAANIT, TAIFUUNIT JA PYÖRREMYRSKYT

Trooppisia voimakkaita myrskyjä kutsutaan joko sykloneiksi, hurrikaaneiksi tai taifuuniksi sen perusteella, missä ne ovat muodostuneet. Ne vaikuttavat trooppisiin merialueisiin päiväntasaajan molemmiin 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 1-2 enemmän trooppista alkuperää olevaa syklonia (RCP8.5). Trooppisten myrskyjen riskin Suomessa voidaan arvioida kuitenkin olevan hyvin vähäinen seuraavien 30-50 vuoden aikana.

Pyörremyrskyjä Suomessa kutsutaan "trombeiksi". Suomessa on vuosittain noin 14 trombia, joista suurin osa on alimmalla F0-tasolla tuulen nopeuden ollessa alle 33 m/s (Ilmatieteen laitos). Maailmalla käytetyssä Fujiaasteikossa on kuusi eri luokkaa F0...F5. Luokka määritetään syntyneiden tuhojen perusteella ja se mihin trombi sattuu osumaan vaikuttaa siten luokitukseen. Trombit voivat aiheuttaa vahinkoja kiinteistöille samoin tavoin kuin myrskyt yleisesti (kts. Myrsky). (Ilmatieteen laitos, Groenemeijer et al. 2016)

3.8 IKIROUDAN SULAMINEN

Ikiroudän sulaminen ei ole merkittävä riski, sillä Suomessa ei esiinny ilmiötä muualla kuin aivan Käsivarren päässä Lapissa alueella, joissa ei ole rakennuksia tai tieinfraa. (Arktinen keskus, Lapin yliopisto)

3.9 KYLMYSSAALTO, HALLA JA PAKKANEN

Kylmyysaalto tarkoittaa nopeaa lämpötilan laskua. Suomessa talvikausien ennustetaan lyhenevän ilmastonmuutoksen vuoksi. Äärimmäisen kylmät kaudet vähenevät, mutta eivät häviä.

Suomessa kansalliset rakentamismääräykset edellyttävät lämmitysjärjestelmien mitoitusta alueellisten ulkoilämpötilojen 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)

3.10 MAAMASSOIHIN JA MAAPERÄÄN LIITTYVÄT RISKIT

3.10.1 Maaperän ja rannikon eroosio

Suomen olosuhteissa maaperän eroosio koskee yleensä merkittävämmiin vain piharakenteita ja piha-alueita. Syntyneet eroosioauriot voivat kuitenkin ohjata vesiä myös kohden rakennuksia ja näiden kellaritiloja. Uhka rakennuksille on yleisesti vähäinen ja vain osaa rakennuskannasta koskeva. Kaupunkialueilla katualueet on usein päällystetty ja viheralueiden kasvillisuus sitoo maamassat, jolloin eroosioauriot jäävät rajallisiksi.

Sateiden ja erityisesti rankkasateiden lisääntyessä eroosioaurioiden mahdollisuus kasvaa tulevaisuuden ilmastossa. Eroosioaurioita voi esiintyä myös talvikaudella, jos runsaita vesisateita tapahtuu 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 pintamateriaalien vaihtelut, joiden kohdalla maanpinnalla virtaavan veden nopeus kasvaa ja vaihtelee.

Suomen rannikkoalueet ovat sisämeren rannalla, jolloin rannikon 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.

3.10.2 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 nämä ovat yleisesti tasamaalla. Savikoiden ongelmaksi Suomessa muodostuvatkin yleisemmin rakennusten epätasaiset painumat kuin äkilliset sortumat.

Maaperän perusominaisuuksia voi tarkastella esimerkiksi Geologian tutkimuskeskus GTK:n 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 riskialueet ovat savimaan alueella olevat suuria korkeuseroja, jyrkkiä rinteitä, törmiiä tai muita sortumille altistavia maastonmuotoja sisältävät alueet.

3.10.3 Maaperän huonontuminen

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

Myös maaperän pilaantumiseen liittyvät ongelmat ovat usein rakennetussa ympäristössä tai sen läheisyydessä. Ilmatoon liittyvä maaperän huonontuminen Suomessa on vähäisempää eroosion, tulvien, maanvyörymien ja suolaantumisen vaikutuksen ollessa vähäinen. 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.

4 RISKITARKASTELUN SUORITTAMINEN

Ilmatoriskien tarkastelu eroavat 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 ilmatorasitusten vähentämiseen ja siten niistä aiheutuvien riskien tai haavoittuvuuksien toteutumisen minimointiin. Olemassa olevassa rakennuskannassa ilmatoriskien tarkastelu on enemmän toteavaa ja sopeutumiskeinot oleellisesti rajallisempia. Toimet liittyvät näissä monesti tutkimustarpeisiin ja peruskorjauksissa huomioitaviin asioihin.

4.1 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 4.1

Alue-/tonttitason tarkastelu

| Alue-/tonttitason tarkastelu | Yleiset toimenpidesuosituksukset |
|--|----------------------------------|
| Lämpösaarekkeet | |
| Varjostukset | |
| Tulva-alueet | |
| Sadevesiviemäröinnin riittävyys | |
| Sadevesien imeytys | |
| Maastopalot | |
| Odotettavat muutokset rakennetussa ympäristössä em. asioiden suhteen | |
| Rakennusten sijoittelu tontille | |

Rakennustason tarkastelu

| Rakennustason tarkastelu | Yksilöidyt sopeutumistoimet |
|--|-----------------------------|
| Rakennuksen ja rakenteiden simuloinnit nykyisellä ja tulevaisuuden säädatalla | |
| <ul style="list-style-type: none"> Lämpö Kosteustekninen toiminta Muutokset ympäristössä | |
| Liitosten ja detaljien suunnittelu vikasietoisiksi | |
| Materiaalivalinnat | |
| <ul style="list-style-type: none"> Säänkestävyys Huollettavuus/huoltotarve Käyttöikä tarkastelu | |
| Huolto-ohjelman laatiminen | |

Kuva 4.1. Suunnitteilla olevan rakennushankkeen alue-, tontti- ja rakennustason tarkastelut.

4.1.1 Alue- ja tonttitason tarkastelu

Alue- ja tonttitasolla tulee tarkastella rakennusten sijoittamista tonteille ja kortteleihin. Tarkastelussa tulee ottaa huomioon erilaiset tulvatyyppit ja miten ne mahdollisesti toteutuvat suunnitellussa rakennetussa ympäristössä. Rankkasateesta aiheutuvien kaupunkitulvien kannalta oleellisena asiana on sadevesien hallinta alue- ja tonttitasolla. Sadevesiviemäröinti tulee mitoittaa pahimpien skenaarioiden mukaan. Jos käytetään sadevesien imeytystä maastoon tai vastaavaa, tulee tarkastella myös skenaariot näiden alueiden muuttumisesta vettä heikommin läpäiseviksi tulevaisuudessa kaupunkirakenteen muuttuessa. Lisäksi alueen ja rakennuksen sijainti 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 varjoisilla

sijainnilla olevat rakennukset. Varjostukseen vaikuttavat mm. rakennusten korkeudet, rakennusten keskinäiset etäisyydet eri ilmansuunnissa, puusto, puuston korkeus sekä avonaiset alueet, kuten puistot ja kadut. Tarkastelut tulee tehdä myös skenaarioille, joissa kaupunkirakenne muuttuu. Muutoksia arvioitaessa tulee ottaa huomioon ennakoitavat ja tavanomaiset muutokset. Esimerkiksi vanhojen isojen puiden korvaamiseen joudutaan väistämättä jossakin vaiheessa. Uuden istutettavan puun varjostusvaikutus on siihen nähden varsin rajallinen hyvin pitkään.

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 tulee kiinteämmäksi osaksi suunnittelua. Lämpösaarekkeita voidaan pienentää esimerkiksi viheralueilla ja kasvillisuudella sekä varjostavilla elementeillä. Lämpösaarekkeiden tarkastelu ja välttäminen on oleellista aluetason suunnittelussa.

Alue- ja tonttitason tarkasteluun liittyviä aineistoja ovat muun muassa:

- Tulvariskialueet (2021).
- Turvalliset rakentamiskorkeudet
 - Esimerkiksi Helsingin kaupunki: Turvalliset rakentamiskorkeudet Helsingin rannoilla vuosina 2020, 2050 ja 2100.
- Ilmatieteen laitos: Alimmat suositeltavat rakentamiskorkeudet Suomen rannikolla.
- Ilmatieteen laitos: Jäähdytyksen mitoituspäivät.
- Ilmatieteen laitos: Energialaskennan testivuodet 2020.
- Kaupunkien julkaisemat paikkatietoaineistot lämpösaarekkeista sekä tuuli-, tulva- ja maaperäriskeistä.

4.1.2 Rakennustason tarkastelu

Rakennustason tarkastelussa lähtökohtana on alue- tai tonttitason suunnitelmat rakennetusta ympäristöstä. Tulevaisuuden ilmastossa rakennusten lämpökuormituksen ennustetaan olevan oleellisesti nykyistä merkittävämpää. Rakennuksen energia- ja olosuhdesimuloinnit tulee tehdä nykyisen ilmastodatan lisäksi ennustetulla tulevaisuuden ilmastodatalla, jotta lämpöolosuhteista rakennuksen eri osissa saadaan hyvä käsitys ja tarvittava ilmanvaihto, lämmitys ja jäähdytys voidaan mitoittaa tarpeen mukaan. Simuloinnissa tulee ottaa huomioon myös rakennetun ympäristön oletetut muutokset mm. varjostuksen osalta.

Ulkoseinien ja yläpohjan rakenteiden rakennusfysikaalisessa suunnittelussa laskennalliset tarkastelut tulee tehdä nykyilmaston lisäksi ennustetulla tulevaisuuden ilmastodatalla. Rakenteiden materiaalivalinnoissa, detailji- ja liitossuunnittelussa tulee tarkastella valittavien ratkaisujen vikasietoisuutta. Tämä tarkoittaa, että kosteuden päästessä jostakin syystä rakenteen sisään se pääsee myös poistumaan rakenteesta ilman, että rakenteeseen tulee kasvavaa kosteuskertymää tai muuta haittaa.

Rakenteilla ja rakennusmateriaaleilla on usein erilaisia käyttöiä. Tyypillisesti erilaiset tiivistykset vanhenevat ilmastorasitusten vuoksi noin 15–20 vuodessa, kun esimerkiksi tiilimuurin käyttöiän lähtökohta on 100 vuotta. Rakennusosien käyttöikä tarkasteluun perustuen tulee rakennusosien vaihdettavuus ja huollettavuus

tehdä mahdollisimman helpoksi. Tämä tarkoittaa myös perusteellisen huolto-ohjelman laatimista rakennukselle.

Rakennustason tarkasteluun liittyviä ohjeita ovat muun muassa:

- RT 18-10922 Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot
- RIL 107-2022 Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet
- by 57 Eriste- ja levyrappaus 2016
- by 64 Tuulettuvat julkisivut 2016
- RT 103614 Terve Talo. Suunnitteluakohtainen tarkastuslista rakennusosittain
- Ilmatieteen laitos: Rakennusfysiikan mitoitusvuodet 2022.

4.2 OLEMASSA OLEVA RAKENNUSKANTA

Olemassa olevan rakennuskannan tarkastelussa kiinteistön omistajalla on tyypillisesti useampia rakennuksia, joihin on tarve tehdä ilmatoriskien tarkastelu. Tällöin on usein perusteltua tehdä tarkastelu vaiheittaisesti tarkentuvana, ks. kuva 4.2.

Vaihe 1: karkean tason arviointi

Riskien ja haavoittuvuuden tunnistaminen laajasta rakennusjoukosta

Tehdään olemassa olevien asiakirjojen perusteella

Tulva- ja maastopaloriskin arviointi aluetasolla

Lämpösaarekkeet ja varjostukset

Sadevesien imeytys ja viemärointi aluetasolla

Yleiset toimenpidesuositukset

Vaiheen 1 raportointi

Raportin esittely tilaajalle

Haavoittuvimpien rakennusten jatkotoimista sopiminen

Vaihe 2: syventävä arviointi

Tarkempi analyysi vaiheen 1 riskialttiimmista rakennuksista

Toteutus suunnitelmien tarkastelu

Rakennuksen ja rakenteiden simuloinnit nykyisellä ja tulevaisuuden säädätällä

Kohteen silmämääräinen katselmus

Yksilöidyt sopeutumistoimet

Kuva 4.2. Olemassa olevien rakennusten ilmatoriskien tarkentuva arviointi.

4.2.1 Karkean tason arviointi

Karkean tason arvioinnissa päätavoitteena on tunnistaa suuremmasta rakennusjoukosta ilmatoriskien näkökulmasta haavoittuvampia tai riskialttiimpia kohteita, joille tehdään täsmällisempi tarkastelu. Myös sellaisten kohteiden tunnistaminen, joissa tarkemmalla tarkastelulla voidaan todentaa tai poissulkea mahdollisia yksittäisiä haavoittuvuuksia tai riskejä, on oleellista. Tarkastelu tehdään olemassa olevien asiakirjojen perusteella, joita ovat tyypillisesti:

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

Asiakirjatarkastelussa lähtökohtana on luvussa 5 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. Rakenteiden vaurioitumista on tarkasteltu esimerkiksi seuraavissa lähteissä:

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

4.2.2 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 karkeassa arvioinnissa todetuille ilmastoriskien näkökulmasta haavoittuvimmille rakennuksille. Tarkastelu tehdään toteutussuunnitelmien sekä kohteelle tehtyjen kuntoarvio- ja/tai kuntotutkimusraporttien perusteella. Tarkastelussa on oleellista käydä läpi rakenteiden toteutussuunnitelmat erityisesti erilaisten liitosten ja detaljien osalta. Tyypillisesti rakennusvaiheen aikana tulee muutoksia suunnitelmissa mainittuihin materiaaleihin sekä toteutukseen. Tyypillisiä muutoksia ovat esimerkiksi rapatun kuorimuurin vaihtuminen ohut- tai paksurappaus-eristejärjestelmään sekä pihakannen tai kattoterassin vedeneristyksen toteutustavan muutokset. Tästä syystä on oleellista tehdä keskeisten rakenneosien kohdalla kohteen silmämääräinen tarkastelu paikan päällä.

Vanhemmassa rakennuskannassa on harvoin jäähdytys- tai viilennysilmastointia. 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.

Syventävässä arvioinnissa käytetään apuna luvun 5 muistilistoja.

5 RISKITARKASTELUN KOHTEET

Riskitarkastelussa käydään läpi rakennuksen ja siihen suoraan vaikuttavien alueellisten tekijöiden riskien mahdollisuudet ja vaikutukset rakennukselle ja sen rakenteille. Keskeisiä tarkasteltavia asioita ovat:

- tontti ja rakennuksen sijainti
- ilmastorasitukset
- rakennuksen pohjaolosuhteet ja perustukset
- alapohjat ja maanvastaiset seinät
- julkisivu- ja vesikattorakenteet
- sisäilmaolosuhteet.

5.1 POHJAOLOSUHTEET JA PERUSTUKSET

Maaperään liittyvien riskien kohdalla tärkeintä on tarkastella tontilla, alueella tai niiden ympäristössä vallitsevia pohjaolosuhteita ja maastonmuotoja. Pohjatutkimus ja perustamistapalausunto ovat keskeisiä asiakirjoja, mikäli ne ovat saatavilla. Rakennuksen ympäristön osalta maaperän olosuhteita voi tarkastella esimerkiksi Geologian tutkimuskeskus GTK:n Maankamara-karttapalvelusta.

Maastonmuotojen osalta on keskeistä selvittää, esiintyykö alueella jyrkkiä rinteitä, törmiiä tai muita merkittäviä korkeuseroja, jotka lisäävät maanvyöryjen ja sortumien riskiä. Jyrkkäpiirteisten maastonmuotojen sijaitseminen savisen tai muun hienojakoisen maa-aineksen alueella ovat riskejä lisääviä tekijöitä.

Erosion kannalta merkittäviä tarkasteltavia asioita ovat ennen kaikkea pintamaiden materiaalit ja peittävyys. Pihan päällysteet, kuten asfaltti ja betonikiveykset kestävät eroosiorasitusta, mutta toisaalta kasvattavat maanpinnalla virtaavan veden virtausnopeutta ja voivat siten kiihdyttää eroosiota sille herkän päällysteen kuten sorapäällysteiden alueella. Kasvillisuudella on merkittävä positiivinen vaikutus sen sitoessa pintamaata ja toisaalta hidastaessa veden virtausnopeutta. Jyrkemmissä rinteissä myös kasvillisuudesta huolimatta eroosiota voi kuitenkin esiintyä.

Erosion haittavaikutuksia arvioitaessa on tärkeä arvioida myös eroosion seurauksia. Eroosio ei välttämättä aiheuta tontilla suoraa merkittävää haittaa, mutta se voi estää tai rajoittaa hulevesijärjestelmien toimivuutta. Tällöin hulevesille tulisi olla vaihtoehtoinen purkautumisreitti tai alue, jolle tulviminen ei aiheuta haittaa rakennukselle.

5.2 TONTTI JA RAKENNUKSEN SIJAINTI

5.2.1 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/kellarin lattian korko suhteessa pihaan ja pohjaveteen
- rakennuksen lattian/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/alueella
- tiiviit maakerrokset ja pintarakenteet alueella
- katon ja tasojen sadevesien poistotapa
- rakennuspaikan ympäristön valuma-alueet
- perustamistapa ja alapohjan rakennetyyppi sekä näissä käytetyt materiaalit.

5.2.2 Maastopalariski

Rakennusten maastopalariski-indeksi muodostuu seuraavista tekijöistä:

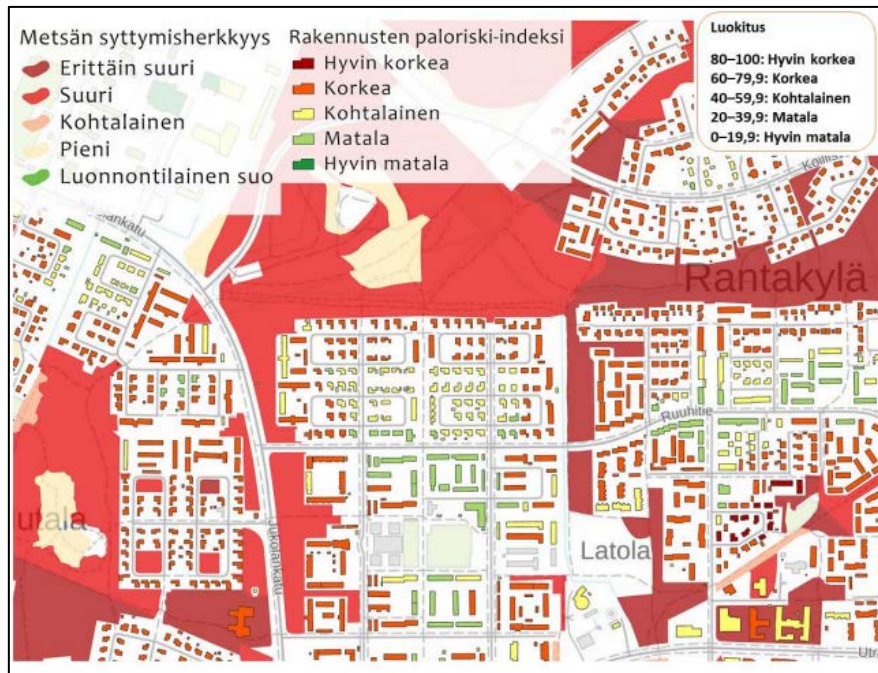
- lähimetsän syttymisherkkyys
- syttyneiden palojen esiintyvyys
- lähimetsän latvapalariski
- torjuntasaavutettavuus
- rakennustiheys.

Maastopalojen riskiä arvioitaessa keskeisin tekijä on tarkastella rakennuksen sijaintia metsän tai laajemman puistoalueen ympäröimänä. Tämä rajaa yleisesti osan suomalaisesta rakennuskannasta riskien ulkopuolelle. Savuhaittojen riski luonnollisesti ulottaa hieman laajemmalle alueella.

Maastotyyppiltään kuivahkot, kuivat ja karukkokankaat ovat suurimman syttymisherkkyuden alueita. Lehtomaisen kankaan ja lehtojen alueilla syttymisriski on pienin. Korkeaintensiteettisen latvapalon riski on suurin tuoreen kankaan erirakenteisissa metsissä. (Leminen, 2022).

Maastopalojen leviämistä edistää luontaisten vesilähteiden (järvet, joet, suot) puuttuminen ja harva metsätieverkosto sekä mahdollisen palokohteen vaikea saavutettavuus. Vastaavasti nämä lisäävät riskiä maastopalon haittavaikutuksille rakennuskannan näkökulmasta.

Rakennuskannan osalta tärkeää on tarkastella rakennustiheyttä sekä rakennustapaa ja -materiaaleja syttymisen ja palon leviämisen näkökulmasta.



Kuva 5.1. Esimerkki maastopaloriskistä kaupunkialueella (lähde Leminen, 2022).

5.3 ALAPOHJAT JA MAANVASTAISET SEINÄT

Rakennuksen maanvastaiset seinät sekä maanvastainen alapohja ovat yleisimmin betonirakenteisia. Vanhoissa rakennuksissa maanvastainen seinä voi olla myös muurattu massiivinen tiilimuuri, luonnonkivilatomus tai näiden yhdistelmä. Ryömintätalaisissa alapohjissa rakenneratkaisut ja materiaalit voivat vaihdella huomattavasti enemmän. Alapohjissa ja maanvastaisissa seinissä maaperästä rakenteisiin tuleva kosteus eri muodoissaan on yleisin riskitekijä. Tarkastelussa tulee kiinnittää huomiota seuraaviin asioihin:

- Mikä on lattian korkeusasema suhteessa pihaan/katuun/pohjaveteen/tulvavesikorkeuteen?
 - Lähellä maanpintaa oleva lattiarakenne altistuu veden kapillaariselle kulkeutumiselle sekä mahdollisille tulvatilanteille.
- Miten sade- ja hulevedet on ohjattu pois rakennuksen vierestä ja perustuksilta?
 - Sade- ja hulevesien poisjohtaminen rakennuksen vierestä vähentää perustuksille, kellarin seinille ja salaojitukselle tulevaa saderasitusta.
 - Maanpinnan kallistukset rakennuksesta pois päin sekä sadevesiviemäroinnin toteutus tulee olla toimivia.
- Miten kapillaarikatko ja lattian alapuolinen lämmöneristys on toteutettu?
 - Vanhemmassa rakennuskannassa lattian alapuoliset täytöt on toteutettu usein hiekalla, jonka kapillaarinen nousukorkeus ylittää usein nykyisin vaaditun 300 mm. Vaakasunnassa hienojen täyttöjen kapillaarinen siirtymä voi olla useita metrejä, joten piha-alueella makaavat vedet tai tulvavedet voivat siten helposti johtua myös lattian alle. Karkeaa sepeliä on alettu käyttää alapohjatäytöissä yleisesti vasta 2000-luvulla.

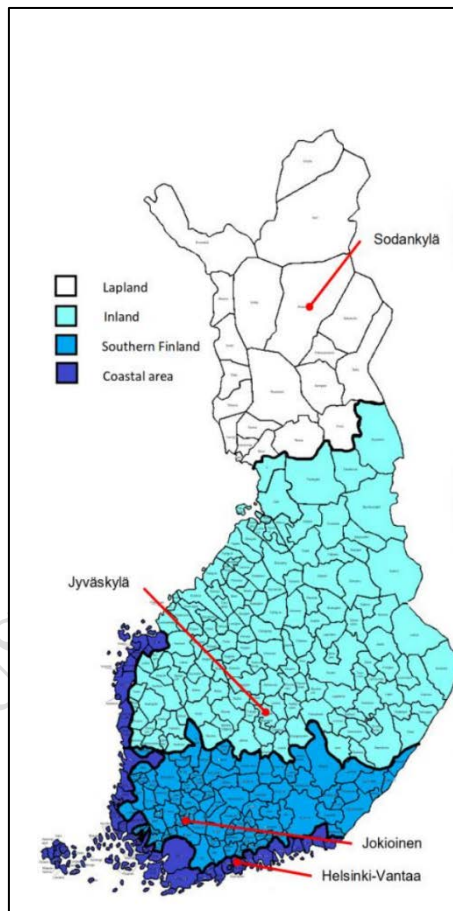
-
- Maanvaraisen laatan alapuolinen lämmöneristys on usein ollut vaatimaton ennen lattialämmityksen yleistymistä. Eristelaadut ovat usein olleet EPS:ää, mutta myös mineraalivillaa on tavattu erityisesti 1970-luvun rakennuksista. Laajemmissa hallimaisissa rakennuksissa ei lattian keskivaiheilla ole ollut yleisesti ollenkaan lämmöneristystä.
 - Lattian heikon lämmöneristykseen seurauksena maaperä rakennuksen alla lämpenee ja kosteusvirran suunta muuttuu maaperästä sisäänpäin.
 - Miten maanvastaisen seinän vedeneristys on toteutettu?
 - Maanvastaiset seinät ovat tyypillisesti teräsbetonirakenteita, joiden ulkopinnassa on vedeneristys bitumikermein. Eristys on voitu toteuttaa myös ns. patolevyllä, joka ei ole yhtenäinen ja tiivis vedeneriste.
 - Maanvastaisia seiniä on toteutettu myös muurattuina rakenteina, kuten kevytsoraharkot ja poltetut tiilet. Näissä seinärakenteissa vesitiiviys on aina toteutettava erillisellä vedeneristyksellä.
 - Vedeneristys tulee olla suojattu EPS-eristeellä mekaanista rasitusta vastaan.
 - Kohdistuuko alapohjaan/maanvastaiseen seinärakenteeseen vedenpainetta?
 - Maanvastaisissa rakenteissa, jotka kohdistuvat vedenpaineelle, tulee olla vedenpainevedeneristys.
 - Millaisia pintarakenteita on käytetty maanvastaisissa tiloissa?
 - Sisäpuolisissa rakenteissa tulee suosia kiviainespohjaisia materiaaleja, jotka mahdollistavat rakenteisiin mahdollisesti päässeeseen kosteuden haihtumisen sisäilmaan.
 - Tiiviit pintamateriaalit, kuten muovimatot eivät mahdollista rakenteeseen mahdollisesti kertyneen kosteuden haihtumista, joten rakenteisiin alkaa kertyä kosteutta. Tästä voi olla seurauksena erilaisia sisäilmahaittoja.
 - Millainen on ryömintätilan korkeusasema suhteessa pihaan/katuun/pohjaveteen/tulvavesikorkeuteen?
 - Ryömintätilaan voi kertyä vettä piha-alueelta/kadulta, jos ryömintätilan maan korko on alempana kuin piha-alue/katu. Maan ollessa jäässä sulamisvedet voivat valua ryömintätilaan samoin kuin erilaisissa tulvimistilanteissa tulvariskialueilla.
 - Miten ryömintätilan tuuletus on järjestetty?
 - Ryömintätilan tuuletus voi olla painovoimainen tai koneellinen.
 - Tuulesta varten ryömintätilaan on oltava tarvittavat poisto- ja korvausilmareitit.
 - Sokkeloisessa ryömintätilassa (paljon kantavia tai osastoivia rakenteita) toimivan tuuletuksen järjestäminen on hankalaa ja sen toimivuuteen tulee kiinnittää erityistä huomiota.
 - Miten ryömintätilan maanpinnan kosteustuottoa on rajoitettu?
 - Maaperässä on aina kosteutta, joka pyrkii siirtymään alempaa kosteuspitoisuutta kohti.
 - Ryömintätilan maanpinnan lämmöneristämällä vähennetään maaperästä ryömintätilaan haihtuvan kosteuden määrää ja suurin osa vuodesta kosteusvirta kulkee ilmatilasta maahan.
 - Miten alapohjarakenteiden tiivistykset on toteutettu?
 - Kaikkien alapohjarakenteiden tulee olla ilmatiiviitä maahan tai ryömintätilaan päin. Ilmavuodoista seuraa usein erilaisia sisäilmahaittoja.
-

5.4 JULKISIVU- JA VESIKATTORAKENTEET

5.4.1 Lämpötila ja kosteusrasitukset

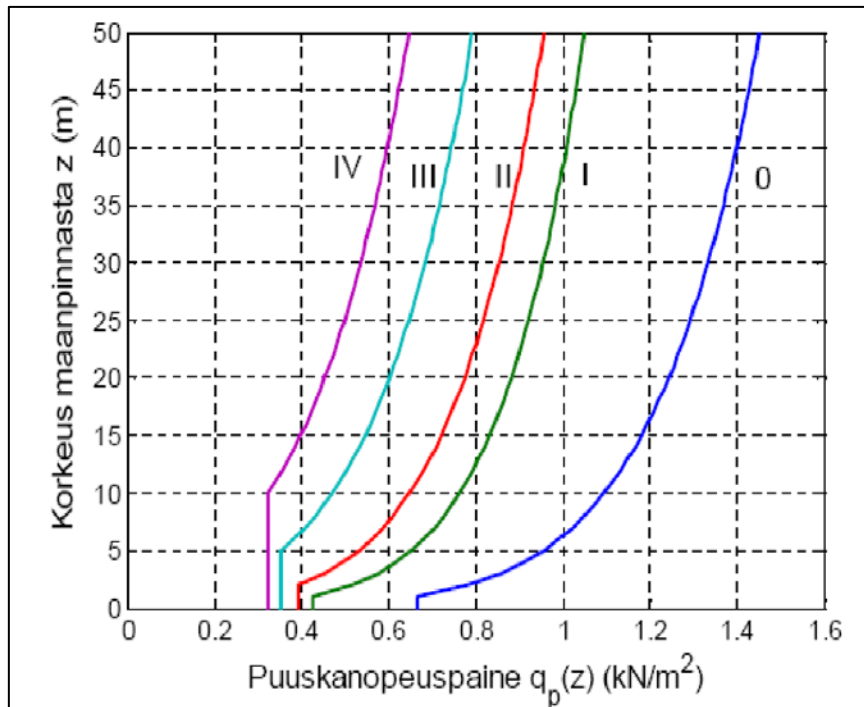
Kohteen lämpötilavaihteluita, lämpökuormitusta sekä viistosaderasitusta ja myrskyjen vaikutusta arvioitaessa tulee kiinnittää huomiota seuraaviin asioihin:

- Missä rakennus sijaitsee?
 - 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 5.1 mukaan.



Kuva 5.2. Suomen neljä erilaista ilmastorasitusalueita (Pakkala 2020)

- Mikä on rakennuksen korkeus?
 - Eri ilmastorasitusalueen lisäksi rakennuksen korkeudella on vaikutusta sen saamaan tuuli- ja viistosaderasitukseen. Tuulen ja viistosateen vaikutusta rakennuksiin eri maastoluokissa voidaan arvioida kuvan 5.2 ja taulukon 5.1 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 5.3. Tuulen aiheuttama paine rakennuksen korkeuden funktiona eri maastoluokissa (RIL 201-1-2017)

Taulukko 5.1. 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 |

- Ympäristön muuta rakennuskantaa, maastoa sekä puustoa korkeammilla rakennuksilla tulee ottaa huomioon korkeampi lämpökuormitus niissä kerroksissa, jotka eivät saa passiivista auringosuojaa ympäristöstään. Lämpökuormitus voi nostaa asuntojen sisälämpötilaa erityisesti pitkillä hellejaksoilla. Ilmastonmuutos voi myös nostaa lämpötilaeroja ääriämpötilojen vuoksi, mikä tulee ottaa huomioon auringonsäteilylle alttiilla pinnoilla siten, että saumat ja kiinnityspisteet sallivat rakenteiden lämpöliikkeet.
- Millainen on rakennuksen lähiympäristö?
 - Rakennuksen lähiympäristöä voidaan niin ikään arvioida rakennuksen maastoluokan perusteella. Avoimella paikalla sijaitsevat rakennukset saavat enemmän tuuli-, viistosade- ja lämpörasitusta kuin suojaisella rakennuspaikalla olevat rakennukset.
 - Tuulisuuden ja sateisuuden lisäksi tulee arvioida rakennuksen ympäristön varjostusvaikutuksia.
 - Nykytilanteen lisäksi tulee arvioida voiko suojaava maasto tai rakennuskanta poistua rakennuksen ympäriltä tarkastelujakson aikana.
- Mikä on rakennuksen valmistumisvuosi?

- Eri rakennusmateriaalien säilyvyyteen on kiinnitetty enemmän huomiota vasta 1990-luvulta lähtien. Toki esimerkiksi betonin lisähuokostusta on ohjeistettu vuodesta 1976 lähtien ja rau-doitteiden peitepaksuuksia on vuosien mittaan rakentamisessa kasvatettu, mutta tutkimusten mukaan merkittävää parannusta on havaittavissa vasta viiveellä. Aivan vastaava asia koskee muurattuja rakenteita sekä rappaus- ja muurauslaasteja.
- Materiaalien ja niiden säilyvyyden kehitystä voi selvittää eri aikakausien suunnitteluohjeista ja viranomaisvaatimuksista. Koottuna tietoa löytyy mm.:
 - Rakennustieto: Kerrostalot-kirjasarjasta
 - SBK-säätiö: Tehdään elementeistä
 - Betoniyhdistys: by75 Muurattujen ja rapattujen julkisivujen kuntotutkimus 2021.
- Rakennusvuosi on vaikuttanut myös rakennuksen lämmöneristyksen tasoon. Lämmöneristys on noudattanut aikakauden ohjeistusta sekä vuodesta 1976 lähtien Suomen Rakentamismääräyskokoelman määräyksiä (osa C3 vuoteen 2012, osa D3 vuoteen 2017) ja vuodesta 2018 lähtien on ollut käytössä energiatehokkuuden kokonaistarkastelu valtioneuvoston asetuksen 1010/2017 mukaan.
- Erilaisten julkisivurakenteiden sekä yläpohjan tuuletusrakojen olemassaolo sekä vaaditut leveydet ovat vaihdelleet huomattavasti eri vuosikymmeninä. Esimerkiksi kuorimuureissa ei ole 1960-luvulla käytetty tuuletusrakoa ollenkaan. Tuuletusrako on ohjeistettu vasta 1990-luvulla, vaikka sitä on alettu yleisesti käyttämään 1970-luvulta lähtien.
- Millaisia viistosade- ja/tai aurinkosuojauksia rakennuksessa on?
 - Rakennuksen ulkonevat räystäät, muut vedenohjausjärjestelmät, katetut ulkotilat, lasitetut parvekkeet ja terassit sekä erilaiset passiiviset aurinkosuojaratkaisut vähentävät rakennusosille tulevaa viistosaderasitusta ja voivat varjostuksella auttaa pienentämään tilojen lämpökuormaa. Parveke- ja terassilasituksilla voi olla lämpökuormien osalta myös haitallisia vaikutuksia, sillä lasitetun tilan sisällä lämpötila voi nousta hyvin korkeaksi ja sen seurauksena myös sisätilojen lämpötilat nousevat vastaavasti korkeammaksi.
 - Rakennusfysikaalisen toimivuuden kannalta erilaisten liitosten pellitysten ja muiden rakenteellisten suojausten toteutus on keskeisessä asemassa tarkasteluissa. Suojausten tulee estää sadeveden suora pääsy rakenteiden sisään mutta toisaalta usein myös mahdollistaa vuotovesien tuulettumismahdollisuus.
- Millaisia julkisivumateriaaleja ja rakenneratkaisuja julkisivuissa on käytetty?
 - Julkisivurakenteiden kastumisen ja kuivumisen kannalta käytetyillä materiaaleilla ja rakenneratkaisuilla on huomattavia eroja. Esimerkiksi kuorimuurirakenteet ovat kapillaarisia ja saumojen sadevesitiiviys on usein puutteellinen. Levyjulkisivujen saumat voivat olla joko sadevesitiiviitä tai rakenne on toteutettu avosaumoin. Rakenteissa, joissa sadevettä voi päästä julkisivuverhouksen taakse tulee olla riittävä ja toimiva tuuletusväli sekä vuotovesien poisohjausjärjestely.
 - Tuulettuvissa rakenteissa tulee tarkastella mm. tuuletusraon toteutusta, kiinnitysten ja saumojen lämpö- ja kosteusliikevarojen toteutusta, ristiintuuletusmahdollisuutta, liitosten toteutusta rakenteen ala- ja yläosissa, ikkunoissa ja muissa aukoissa sekä liittymissä katoksiin ja parvekerakenteisiin, jne. Oleellinen tarkastelu on myös tuuletusrakoon päässeän veden poistuminen rakenteesta sekä miten viistosaderasitusta on estetty pääsemästä julkisivuverhouksen taakse.
 - Useimmat mineraalisista rakennusaineista valmistetut julkisivut imevät vettä kapillaarisesti huokosverkostoon, mutta eivät kuitenkaan kastu läpi. Tällaisia ovat esimerkiksi

betonijulkisivut, erilaiset rappaukset sekä kuitusementtilevyt. Julkisivun sadevedenpitävyys voi perustua myös säälle alttiiseen pinnoitekalvoon, kuten esimerkiksi ohutrappaus-eristejärjestelmissä. Tällöin pinnoitekalvon yhtenäisyys ja halkeilemattomuus ovat oleellisia rakenteen toimivuuden ja säilyvyyden kannalta.

- Tuulettumattomissa tai heikosti tuulettuvissa rakenteissa (esim. eristerappaukset, betoni-sandwich-elementti) julkisivupinnan eheys ja liitosten tiiviys korostuvat. Lisäksi tarkasteltaviin asioihin kuuluu julkisivupinnan taakse päässeen veden poistumismahdollisuudet rakenteen sisältä. Liitosten ja muun detaljiiikan rakennusfysikaalinen toimivuus korostuu tällaisissa heikkomman vikasietoisuuden rakenteissa.
- Millainen yläpohja-/vesikattorakenne rakennuksessa on?
 - Karkeasti yläpohjarakenteet jaetaan tuulettuviin, lievästi tuulettuviin sekä tuulettumattomiin rakenteisiin. Tuulettuvissa rakenteissa yläpohjaonteloon päässyt kosteus pääsee tavallisesti tuulettumaan hyvin pois rakenteesta aiheuttamatta haittaa materiaaleille. Lievästi tuulettuvissa sekä tuulettumattomissa yläpohjissa rakenteen sisään päässyt kosteus poistuu sieltä hitaasti tai ei ollenkaan. Tästä voi olla seurauksena kasvava kosteuskertymä rakenteen sisällä sekä pahimmassa tapauksessa materiaalien kosteus- ja mikrobivaurioitumisen riski tai jopa vesivuotoja sisätilaan.
 - Yläpohjan vedenpoisto on yleensä joko sisäpuolinen viemäriverkosto tai ulkopuoliset kourut räystäällä, joista vesi johdetaan syöksytorvilla alas. Vedenpoiston toimivuutta arvioitaessa on kiinnitettävä huomiota mm.:
 - kattokaivojen sijaintiin ja katon kaatoihin
 - vedenpoistojärjestelmän tukkeutumismahdollisuuteen (ympäröivä puusto, kaivojen ja ympäristön jäätyminen)
 - miten vedenpoiston tukkeutumiseen on varauduttu?
 - liitosten ja läpivientien ylösnostojen toteutukseen.
 - Varsinainen vesikate voi olla vedenpitävä (esim. bitumikermikate, yksikerroskate tai kone-saumattu peltikate) tai epäjatkuvan vesikatteen alla on erillinen vedenpitävä aluskate (esim. tiilikate tai erilaiset profiilipeltikatteen). Aluskatteen ja vesikatton välissä tulee olla toimiva tuuletus. Lisäksi vedenpoisto aluskatteen päältä tulee olla toteutettu hallitusti siten, että vesi ei valu yläpohjarakenteeseen tai julkisivuille.
- Onko rakennuksessa pihakansia ja/tai kattoterasseja?
 - Pihakannet ovat yleensä jollakin tavalla liikennöityjä rakenteita, joiden alla on usein pysäköintitiloja. Pihakansien kuormitukset voivat olla merkittäviä, koska siellä liikutaan erilaisilla koneilla ja ajoneuvoilla. Pihakansien vedeneristyksen toteutustapa tulee tarkastella.
 - Pihakannen ja sitä ympäröivien rakennusten sekä kulkuluiskien välissä on tyypillisesti liikuntasauvoja. Liikuntasauvojen toteutus on vaativaa, ja se on usein vuotava kohta rakenteessa. Vuotava liikuntasauva aiheuttaa ylimääräistä kosteusrasitusta sekä usein myös kloridirasitusta alapuolisille rakenteille.
 - Kattoterassit tulee olla toteutettu myös käännettyinä rakenteina, joissa vedenpoisto toteutetaan hallitusti sisäpuolisella vedenpoistolla. Kattoterassien liitosdetaljiiikan tarkastelu on oleellista arvioitaessa rakenteen toimivuutta.
 - Kattoterassien kattaminen ja lasitus vähentävät oleellisesti niiden saamaa saderasitusta, jos lasitus pidetään sateella kiinni.
- Miten sadevedet on johdettu pois?

- Sadevesien hallittu poisjohtaminen katolta, parvekkeilta, kattoterasseilta ja pihakansilta sadevesiviemäriin tai maasto imeytykseen on keskeinen osa vedenpoistojärjestelmän toimintaa. Rakennuksen viereen valuttava vedenpoistojärjestelmä lisää paikallisesti sokkelin ja mahdollisen kellarirakenteen kosteusrasitusta sekä kuormittaa salaojaverkostoa tarpeettomasti.
- Parvekkeilta sadevedet tulee johtaa syöksytorvin alas ja edelleen sadevesiviemäriin. Erilaiset ulosheittäjät tai vapaasti parvekelaatan reunan yli valuvat sadevedet aiheuttavat ylimääräisen kosteusrasituksen alapuolisille parveke- ja julkisivurakenteille.
- Kattoterasseilta sadevedet tulee johtaa ensisijaisesti sisäpuolisella vedenpoistojärjestelmällä hallitusti sadevesiviemäriin. Sadevesiviemäroinnissä tulee olla varauduttu tukkeutumiseen ja jäätymiseen.
- Pihakansilta sadevesijärjestelmään kulkeutuu usein talvella myös liukkaudentorjuntasuoloja sekä erityisesti hiekkaa. Suolat rasittavat betoni- ja teräsrakenteita, jos niiden aiheuttamaa rasitusta ei ole otettu toteutuksessa huomioon. Hiekka ja muut piha-alueen epäpuhtaudet tukkivat sadevesiviemäriverkostoa, jos säännöllisestä huollosta ei ole huolehdittu. Hiekka tukkii ja vanhentaa myös liikuntasauvoja.
- Kattovesien johtaminen on toteutettu piha-alueella sadevesiviemäriin, jotta syöksytorvia pitkin valuvat vedet eivät kastele sokkeleita ja kellarin seiniä. Toteutettavuus voi olla haasteellista, kun rakennus rajoittuu suoraan katuun tms.
- Millaisia liitoksia ja detaljeja on käytetty?
 - Olemassa olevan rakennuksen syventävässä tarkastelussa tai suunnitteluvaiheessa olevassa rakennuksessa tulee kiinnittää erityistä huomiota rakenteiden liitoksiin ja detailjiikkaan. Niiden tulee mahdollistaa rakenteiden lämpö- ja kosteusliikkeet, mutta olla samaan aikaan vesitiiviitä. Detaljien tarkastelussa tulee kiinnittää erityistä huomiota vesien ja kosteuden poisjohtamiseen rakenteen sisältä, sillä harvoin onnistutaan tekemään täysin tiiviitä rakenteita. Lisäksi liitosten ja materiaalien huoltotarve ja -mahdollisuudet sekä vikasietoisuus yleisesti ovat tarkasteltavia asioita.

5.5 SISÄILMAOLOSUHTEET

Rakennusten kannalta pitkät hellejaksot voivat johtaa pitkäaikaisiin korkeisiin sisälämpötiloihin, joiden yhteys kuolleisuuteen selkeä, mutta varsinaista kynnyksarvoa kuolleisuutta lisäävälle lämpötilalle tai lämpökauden kestolle ei ole tutkimuksissa löydetty. (Lahdensivu ym. 2023) Joka tapauksessa tutkimustiedon perusteella kohteen sisäolosuhteiden arvioinnissa tulee kiinnittää huomiota seuraaviin asioihin:

- Missä rakennus sijaitsee?
 - Tyypillisesti eteläisessä Suomessa hellejaksot ovat pidempiä ja ääriämpötilat pohjoista Suomea korkeampia, mutta erityisesti lyhytaikaisia korkeita lämpötiloja havaitaan kaikkialla Suomessa eikä rakennuksen sijainnilla ole merkittävää vaikutusta sisäilman lämpenemisen kannalta.
- Millainen on rakennuksen lähiympäristö?
 - Lähistön rakennukset, maastonmuodot, ikkunoiden ilmansuunnat ja kasvusto vaikuttavat kaikki merkittävästi sisätilojen lämpenemiseen auringonsäteilyn vaikutuksesta.
 - Nykytilanteen lisäksi tulee arvioida, voiko suojaava maasto tai rakennuskanta poistua rakennuksen ympäriltä tarkastelujakson aikana.

- Mitä jäähdytysjärjestelmiä on käytettävissä?
 - Passiiviset auringonsuojaratkaisut, kuten kaihtimet, aurinkolipat ja aurinkosuojalasit ovat nykyisin tyypillisiä ratkaisuja. Vaikka niillä voidaan vähentää yllämpenemistä huomattavasti, niitä käytettäessä on kuitenkin varmistettava sisätilojen riittävä päivänvalonsaanti sekä otettava huomioon rakennuksen käyttäjien aktiivisuus ja toimintakyky niiden käyttämisessä. Automaattisia passiivisia järjestelmiä käytettäessä on otettava huomioon valonsaannin lisäksi niiden vaatimat huolto ja ylläpito sekä mahdollinen varajärjestelmä.
 - Aktiivisia jäähdytysmenetelmiä suositellaan käytettäväksi tukevin ratkaisuin silloin, kun muut toimenpiteet eivät riitä ylläpitämään viihtyisiä huonelämpötiloja.
- Mikä on rakennuksen käyttötarkoitus?
 - Jos rakennuksessa asuu tai hoidetaan iäkästä tai muuten heikkokuntoista väestöä, tulee terveydellisistä syistä lämpöviihtyvyyteen panostaa erityisesti ja hakea tarvittaessa jäähdytysratkaisuja, joilla saavutetaan sisäympäristön korkein laatuluokka I (SFS-EN 16798-1 2019).

6 EI MERKITTÄVÄÄ HAITTAA -PERIAATE

Ilmatoriskien aiheuttamaa haittaa arvioidaan kaksivaiheisella tarkastelulla. Ensimmäisessä vaiheessa suoritetaan yleispiirteinen arviointi, jossa tunnistetaan mitkä ilmatoriskit voivat koskea tarkasteltavaa kohdetta. Tavanomaisen suomalaisen rakennuksen kohdalla tämä rajaa yleensä useampia ilmatoriskejä pois tarkemmasta tarkastelusta.

Tarkastelun toisessa vaiheessa näiden mahdollisesti haittaa aiheuttavien ilmatoriskien osalta suoritetaan tarkempi tarkastelu, jossa arvioidaan merkittävän haitan todennäköisyys sekä esitetään tarvittaessa sopeuttavat toimenpiteet haitan poistamiseksi tai haittavaikutuksen pienentämiseksi hyväksyttävälle tasolle. Tarkemmassa tarkastelussa hyödynnetään ilmatoriskin esiintymisen todennäköisyyden ja haitallisen seurauksen analysointia.

6.1 ILMASTORISKIN ESIINTYMISEN TODENNÄKÖISYYS

Tarkempi tarkastelu aloitetaan ilmatoriskin esiintymisen todennäköisyyttä ja toistuvuutta koskevalla arvioinnilla. Arviointi perustetaan tuoreimpiin ilmastoennusteisiin. Ilmatoriskin ja haitan todennäköisyys arvioidaan kolmiportaisella asteikolla: epätodennäköinen, mahdollinen ja todennäköinen. Arviointi suoritetaan vähintään kaikille niille ilmatoriskeille, jotka voivat aiheuttaa merkittävää haittaa tarkasteltavalle kohteelle.

Tarkastelu suoritetaan vähintään käynnissä olevaa tai alkavaa elinkaaren vaihetta ja kohteen suunnittelukäyttöä silmällä pitäen. Mikäli elinkaaren vaihe tai suunnittelukäyttöä eivät ole tarkasti tiedossa, suositellaan, että tarkastelu suoritetaan uudiskohteissa vähintään ensimmäiselle 50 vuodelle ja olemassa olevien rakennusten kohdalla seuraavalle 30 vuodelle. Tarkasteltavasta kohteesta riippuen suositeltava tarkasteluväli voi olla myös merkittävästi pidempi. Tämä koskee erityisesti aluesuunnittelua, jossa pidempien aikavälien tarkastelu on perusteltua.

Todennäköisyyden arvioinnissa suositellaan käytettävän seuraavaa ohjeellista luokittelua:

- Äärimmäisen epätodennäköinen
 - Rasitusilmiötä ei esiinny rakennuksen sijaintipaikan ilmastossa.
- Epätodennäköinen.
 - Haittavaikutus ei ole todennäköinen tarkasteltavan elinkaaren vaiheen aikana.
 - Toistuvuusajaltaan > 50 vuotta olevat ilmatorasitukset ja poikkeavat ääriolosuhteet.
- Mahdollinen
 - Haittavaikutusta voi esiintyä ajoittain tarkasteltavan elinkaaren vaiheen aikana.
 - Toistuvuusajaltaan 10-50 vuotta olevat ilmatorasitukset.
- Todennäköinen
 - Haittavaikutusta esiintyy useita kertoja tai toistuvasti rakennuksen elinkaaren vaiheen aikana.
 - Toistuvuusajaltaan 3-10 vuotta olevat ilmatorasitukset.

6.2 VAIKUTUKSEN JA SEURAUKSEN ANALYSOINTI

Tarkastelun seuraavassa vaiheessa arvioidaan ilmatoriskin 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 lyhentäminen
- vaikutus infrastruktuuriin
 - infrastruktuurin vaurioituminen
 - infrastruktuurin toimivuuden häiriintyminen tai keskeytyminen
- vaikutus rakennuksen käytölle, käyttäjien terveydelle sekä käytön turvallisuudelle
 - rakennuksen käytön estyminen tai muun käyttöä haittaavan tekijän tai olosuhteen muodostuminen
- vaikutus sisäilmaolosuhteille ja terveellisten olosuhteiden ylläpidolle
 - tavoitteiden mukaisten sisäilmaolosuhteiden ylläpito estyy tai häiriintyy
- taloudelliset vaikutukset
 - syntyneiden vaurioiden ja vahinkojen korjauskustannukset
 - vaikutus rakennuksen arvoon
 - kohonneet huolto- ja ylläpitokustannukset
- kulttuuriarvot, kulttuuriperinnön säilyminen, rakennushistorialliset arvot
 - 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 sisäilman ylikuumenemisen ongelmat ovat merkittävämpiä ympärivuorokautisessa palveluasumisessa kuin kesäkaudella tyhjillään olevassa opetusrakennuksessa, vaikka ilmatoriski koskisi näitä yhtä todennäköisesti. Seurausta arvioitaessa on tärkeä ottaa huomioon myös ilmatoriskin toistuvuus, sillä useammin toistuvien ilmatorasitusten osalta haitallisia seuraamuksia voi olla edessä useita kertoja tarkastelujakson aikana, jolloin haitan suuruuteen tulee laskea mukaan kaikki haittatapahtumat.

Ilmatoriskien seuraamukset luokitellaan viiteen seuraamusluokkaan: *erittäin korkea, korkea, kohtalainen, vähäinen ja erittäin vähäinen*. EU-tason ohjeita luokitteluun on annettu taulukoituna terveyden ja turvallisuuden osalta sekä taloudellisia vaikutuksia silmällä pitäen. Ohjeet seuraamusluokan valintaan on ohjeistettu taulukossa 6.1.

Kaikkia ilmastonmuutoksen seuraamuksia ei voida yksiselitteisesti sijoittaa 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 sellaisille rakennuksille, jossa on riskiryhmään kuuluvaa käyttöä. Seuraamusluokan määrittämistä ei voida siis aina perustaa taulukoituihin valmiisiin lukuarvoihin.

Kaikkia syntyneitä vahinkoja ja niiden korjauskustannuksia 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 kyseisen menetettävissä olevan rakennusperinnön merkitystä ja ainutlaatuisuutta.

Rakennusten arvo on voimakkaasti sijaintiriippuvaista, eikä alueelliset rakennuskustannusten vaihtelut kumoa tämän merkitystä. Keskeisellä sijainnilla kasvukeskuksessa olevan kerrostalon korjauskustannus voi olla täysin sama kuin muuttotappioalueella, mutta rakennuksen sijainnista johtuen tämän prosentuaalinen arvo rakennukseen arvoon on täysin erilainen. Vahingon laajuutta korjauskustannusten näkökulmasta tulisikin arvioida toisaalta uudisrakennuksen kustannuksiin vertaamalla, mutta myös alueen yleinen hintataso huomioon ottaen.

Taulukko 6.1. Seuraamusluokat sekä seuraamusluokan valintaan vaikuttavia kriteereitä.

| Seuraamusluokka | Terveys ja turvallisuus | Taloudelliset vaikutukset |
|-------------------|---|----------------------------|
| Erittäin korkea | useita kuolemantapauksia | > 10 % rakennuksen arvosta |
| Korkea | yksittäisiä kuolemantapauksia / useita pitkäaikaisia vammoja | 8-10 % rakennuksen arvosta |
| Kohtalainen | pitkäaikainen vamma tai sairaus, pitkittänyt hoitotarve, työkyvyttömyys | 4-8 % rakennuksen arvosta |
| Vähäinen | menetetty aika, loukkaantuminen, hoidontarve, lyhytaikainen vaikutus | 1-4 % rakennuksen arvosta |
| Erittäin vähäinen | pieni haitta tai läheltä piti tilanteet | < 1 % rakennuksen arvosta |

6.3 MERKITTÄVÄN HAITAN ARVIOINTI

Ilmatoriskin esiintymisen todennäköisyyden sekä haittavaikutuksen seuraamusluokan määrittelyn jälkeen määritellään kullekin ilmatoriskille merkittävän haitan esiintyminen taulukon 6.2 mukaisesti.

Mikäli merkittäviä haitallisia vaikutuksia esiintyy tai näiden esiintyminen on mahdollista, tulee esittää sopeuttamistoimet kutakin haitallista ilmatorasitusta vastaan, jotta haittaa saadaan pienennettyä tai se saadaan poistettua kokonaan. Sopeuttamistoimi voi olla myös suositus tarkentaviin laskennallisiin tarkasteluihin, joilla varmistetaan rakennuksen sopeutuminen.

Taulukko 6.2. Merkittävän haitan esiintyminen.

| | | Ilmatoriskin esiintymisen todennäköisyys | | | |
|-----------------|-------------------|---|--|--|--|
| | | Äärimmäisen epätodennäköinen | Epätodennäköinen | Mahdollinen | Todennäköinen |
| | | Ilmatorasitusta ei esiinny rakennuksen sijainnin mukaisessa ilmastossa. | Vahinkoihin johtavan ääri-ilmiön toistuvuus aika ylittää rakennuksen suunnittelukäyttöä. | Vahinkoihin johtavan ääri-ilmiön toistuvuus aika alittaa suunnittelukäyttöä. | Vahinkoihin johtava ääri-ilmiö tai rasitus toistuu useita kertoja suunnittelukäyttöä aikana. |
| SEURAAMUSLUOKKA | Erittäin korkea | ei haitallisia vaikutuksia | mahdollisia haitallisia vaikutuksia | merkittäviä haitallisia vaikutuksia | kriittisiä haitallisia vaikutuksia |
| | Korkea | | mahdollisia haitallisia vaikutuksia | merkittäviä haitallisia vaikutuksia | merkittäviä haitallisia vaikutuksia |
| | Kohtalainen | | ei merkittäviä haitallisia vaikutuksia | mahdollisia haitallisia vaikutuksia | merkittäviä haitallisia vaikutuksia |
| | Vähäinen | | ei merkittäviä haitallisia vaikutuksia | ei merkittäviä haitallisia vaikutuksia | mahdollisia haitallisia vaikutuksia |
| | Erittäin vähäinen | | ei haitallisia vaikutuksia | ei merkittäviä haitallisia vaikutuksia | mahdollisia haitallisia vaikutuksia |

7 SOPEUTTAMISTOIMET

Sopeuttamistoimet riippuvat oleellisesti onko kyse kiinteistön omistajan vai viranomaisten päätäntävaltaan kuuluvista toimista. Kiinteistön omistajan vaikutusmahdollisuudet rajoittuvat tontin rajaan. Hän ei voi vaikuttaa esimerkiksi kaupungin hulevesiviemärin mitoituksen riittävyteen tulvimistilanteissa tai vanhan hulevesiverkoston uusimiseen ilmaston muuttuessa sateisemmaksi.

Olemassa olevan rakennuksen kohdalla sopeuttamistoimet voidaan jakaa nykyisen rakenteen, järjestelmän tai ratkaisun käyttöikää jatkaviin toimiin ja muutoksiin tai peruskorjauksiin. Laajemmissa peruskorjauksissa uudisrakentamisen sopeuttamistoimet ovat vaihtoehtoja soveltuvin osin.

7.1 TULVARISKIT

Tulvariskien sopeuttamistoimia tarkastellessa toimet voidaan jakaa uudisrakentamisen ja kaavoituksen ratkaisuihin sekä olemassa olevan rakennuskannan sopeuttamistoiimiin.

Olemassa olevan rakennuskannan toimia

- Uusitaan hulevesiviemärointi ja/tai hulevesijärjestelmät tulevaisuuden ilmastoskenaarioiden mukaiseksi.
- Hulevesien imeytymismahdollisuuksien selvittäminen tontilla, esim. asfaltoitujen alueiden vähentäminen (ks. Tontin kosteudenhallinta).
- Rakennetaan tulvavalleja ja muita rakenteita, joilla tulvatilanteessa saadaan ohjattua vesimassat alueille, joissa ne eivät uhkaa rakennuksia.

Uudisrakentamisen ja aluesuunnittelun toimia

- Vältetään kaavoitusta tunnetuille tulvariskialueille.
- Huolehditaan hulevesien imeytyksestä maastoon alueellisesti.
- Mitoitetaan hulevesiviemärointi 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.

7.2 TONTIN KOSTEUDENHALLINTA

Olemassa olevan rakennuskannan toimia

- Hulevesille on suunniteltu tulvareitit ja -alueet, joissa virtaama on painovoimaista. Tulva-alueella seisova vesi ei saa muodostaa haittaa rakennukselle. Järjestelmän tulee toimia ympärivuotisesti.
- Vettäläpäisevien, vettä sitovien ja veden virtausnopeutta hidastavien päällysteiden suosiminen.
- Viheralueiden ja kasvillisuuden lisääminen.

Uudisrakentamisen ja aluesuunnittelun toimia

- Aluesuunnittelussa alueelle määritetään riittävät hulevesijärjestelmät sekä tulvareitit ja -alueet.

7.3 JULKISIVUT JA VESIKATOT

Sopeutustoimet ja niiden toteutusmahdollisuudet vaihtelevat suuresti rakenteilla olevan kohteen ja olemassa olevan rakennuskannan osalta.

Olemassa olevan rakennuskannan toimia

- Huolehditaan elastisten saumausten, maalipintojen ja vesikatteiden kunnosta säännöllisesti huolto-ohjelman mukaan.
- Parannetaan liitosten, detaljien 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 parannetaan vikasietoisuutta.
- Katetaan mahdollisuuksien mukaan kattamattomat kattoterassit ja muut vastaavat rakenteet.
- Lasitetaan parvekkeet.

Uudisrakentamisen ja aluesuunnittelun toimia

- Vikasietoisten rakenneratkaisujen suosiminen.
- Rakennusfysikaaliset laskentatarkastelut tehdään tulevaisuuden ilmastoskenaarioilla.
- Kattamattomien kattoterassien välttäminen.
- Sadevesien poisjohtamisjärjestelmien mitoitus tulevaisuuden ilmastoskenaarioilla.
- Kaikkien liitosten ja detaljien suunnittelu siten, että rakennusosien huoltaminen ja uusiminen ilman rakenteiden merkittävää purkamista onnistuu helposti.
- Noudatetaan suunnittelussa ja toteutuksessa rakennusfysikaalisia suunnitteluohjeita sekä esimerkiksi Kuivaketju 10 -käytäntöjä.
- Suunnitellaan kuluvien ja säärasituksessa vanhenevien materiaalien tarkastukset ja huoltovälit realistisesti. Noudatetaan laadittua huolto-ohjeistusta.

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

Olemassa olevan rakennuskannan toimia

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

Uudisrakentamisen ja aluesuunnittelun toimia

- Kaavoituksessa mahdollistetaan mahdollisuus vaikuttaa julkisivujen ja vesikaton väreihin suunnittelussa sekä tarvittaessa suositaan näissä vaaleampia sävyjä, jotka eivät lämpää auringon säteilyn vaikutuksesta yhtä paljon.

7.4 SISÄILMAOLOSUHTEET

Lämpötilojen osalta sopeuttamistoimet voidaan jakaa sisäilman ylläpitämisen estämiseen sekä rakennusmateriaalien pitkäaikaiskestävyyteen. Ilmastomuutoksen aiheuttamat sopeutustarpeet liittyvät yleisimmin korkeisiin sisälämpötiloihin.

Sisälämpötilojen hallinnan osalta tulisi pyrkiä suosimaan passiivisia ratkaisuja, joita tarvittaessa täydennetään taloteknisten järjestelmien, kuten ilmastoinnin viilennyksen 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 vaikutusmahdollisuudet ovat vähäisemmät.

Esimerkkejä sopeuttamistoimista sisäilman ylläpitämistä vastaan on esitetty alla. Lämpöliikkeiden näkökulmasta asia on käsitelty julkisivujen ja vesikattojen sopeuttamistoimien yhteydessä.

Olemassa olevan rakennuskannan toimia

- Huolehditaan, että rakennuksen ympärillä ja piha-alueella on varjostavia rakenteita ja/tai isoja puita. Uuden istutettavan kasvillisuuden hyöty saadaan mitattua usein vasta vuosien kuluttua, kun puusto on ehtinyt kasvaa riittävän korkeaksi.
- Viherrakenteiden ja kasvillisuuden lisääminen tontille ja rakennuksen ympäristöön.
- Passiivisten aurinkosuojien asentaminen ikkuna- ja oviaukkojen yhteyteen. Vaihtoehtoina esimerkiksi aurinkosuojuverhot, markiisit, auringonsuojakalvojen asentaminen sekä muut varjostavat rakenteet ikkunoiden ja ovien päällä ja ympärillä.
- Sisäilman jäähdyttäminen taloteknisin järjestelmin. Vaihtoehtoina ovat esimerkiksi ilmanvaihdon esijäähdytys, ilmastoinnilla toteutettava jäähdytys, jäähdytyskäyttöön tarkoitettut lämpöpumput tai erilliset puhallinkonvektorit.

Uudisrakentamisen ja aluesuunnittelun toimia

- Huolehditaan, että rakennuksen ympärillä ja piha-alueella on varjostavia rakenteita ja/isoja puita.
- Viheralueiden ja kasvillisuuden hyödyntäminen kosteuden ja varjoisuuden hallinnassa ja lämpösäätörekeilmion rajoittaminen tätä apuna käyttäen.
- Kaavoituksessa mahdollistetaan passiivisen aurinkosuojauksen toteuttaminen. Rakennushankkeessa tulee olla mahdollisuus vaikuttaa rakennuksen päällimansuuntiin, kattomuotoon ja räystäisiin sekä julkisivujen aurinkosuojarakenteisiin.
- Käytetään passiivia auringonsuojaratkaisuja.
- Sisäolosuhteita mallinnettaessa tarkastelut tulee tehdä tulevaisuuden ilmastoskenaarioilla ja varjostavien elementtien muuttumisella.
- Sijoitetaan toimintoja rakennukseen siten, että ihmiset voivat oleskella/työskennellä myös varjon puoleisissa tiloissa.
- Viherkattojen ja -julkisivujen mahdollistaminen ja/tai edellyttäminen esimerkiksi piharakennuksissa.
- Ilmavirtausten mahdollistaminen viheralueiden ja kaupunkirakenteen läpi.

7.5 ALAPOHJAT JA MAANVASTAISET SEINÄT

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

Olemassa olevan rakennuskannan toimia

- Sade- ja hulevesien ohjaus pois päin rakennuksesta tarvittaessa maan pintaa muotoilemalla.
- Maanpinnan alentaminen rakennuksen viereltä siten, että lattia on vähintään 300 mm korkeammalla kuin maanpinta.
- Maanvastaisten rakenteiden pintamateriaalien vaihtaminen kosteutta kestäviin ja vesihöyryä läpäiseviin.

Uudisrakentamisen ja aluesuunnittelun toimia

- Rakennuksen korkeusaseman valinta siten, että hule- ja tulvavedet eivät uhkaa päästä rakennuksen sisään, ryömintätilaan tai kellareihin.
- Nykyisten kosteuden- ja vedeneristysohjeiden noudattaminen alus- ja vierustäyttöjen maa-aineksissa sekä veden- ja lämmöneristysten mitoituksessa ja toteutuksessa.
- Kosteutta kestävien materiaalien valinta maanvastaisiin seiniin ja alapohjiin.

7.6 MAASTOPALOT

Yksittäisiä rakennuksia tarkasteltaessa maastopalojen osalta sopeuttamistoimet tulee lähtökohtaisesti kohdistaa rakennukseen ja tontille. Aluesuunnittelussa rakentamista voidaan mahdollisuuksien mukaan ohjata suuren syttymisherkkyuden mukaan suotuisiin olosuhteisiin. Kuivat kankaat ovat usein myös rakentamiseen hyvin soveltuvia alueita maaperän perusominaisuuksien näkökulmasta.

Olemassa olevan rakennuskannan toimia

- Maastopalojen sammutusedellytysten turvaaminen mahdollisen palokohteen saavutettavuuden varmistamisella eli riittävän tiheällä katu- ja tieverkostolla. Sammutusveden saannin varmistaminen.
- Etäisyyden kasvattaminen rakennuksen ja korkean syttymisherkkyuden metsän tai maaston välillä. Kasvillisuuden muutosten vaikutus muihin ilmastorasituksiin tulee ottaa huomioon.
- Tiiviisti rakennetussa ympäristössä palokatkojen rakentaminen tonttien rajoille/rakennusten liitoskohtiin.
- Osastoivien rakennusosien tai rakennusosien lisääminen, esimerkiksi räystäiden palokatkot.
- Automaattisen palonsammutusjärjestelmän rakentaminen herkästi syttyviin tai korkean riskin alueella sijaitseviin rakennuksiin.

Uudisrakentamisen ja aluesuunnittelun toimia

- Rakentamisen ohjaaminen alueille, joissa metsäpalon syttymisherkkyys ja korkeaintensiteetin latvapalon riski ovat pieniä.

- Etäisyyden kasvattaminen ympäröivien rakennusten tai korkean syttymisherkkyyden metsän ja/tai maaston välillä.
- Rakennus-, julkisivu- ja kattomateriaalivalinnoissa palamattomien materiaalien suosiminen.

7.7 MAAPERÄÄN LIITTYVÄT RISKIT

Olemassa olevan rakennuskannan toimia

- Maanpintojen muotoilu, porrastaminen sekä materiaalivalinnat, joilla veden virtausnopeutta saadaan hidastettua rinteissä.
- Eroosiota kestävät pintamateriaalit ja pintamaata sitova kasvillisuus rinteissä.
- Hyvin vettäläpäisevien pinnoitteiden suosiminen ja näiden suhteellisen osuuden kasvattaminen.
- Tehokas hulevesijärjestelmä, jonka suunnittelussa on otettu huomioon myös järjestelmän ajoittainen tulviminen ja hyväksyttävät tulvimisreitit ja -alueet.

Uudisrakentamisen ja aluesuunnittelun toimia

- Rakentamisen ohjaaminen alueille, joilla ei esiinny maanvyörymille ja -sortumille alttiita maastonmuotoja ja savista maaperää tai muuta sortumille altistavaa olosuhdetta.

8 KÄYTETTÄVÄ AINEISTO

Ilmatoriskien tarkasteluun vaadittava materiaali riippuu ennen kaikkea tilaajan määrittämästä toimeksianosta ja toisaalta myös rakennushankkeen tilasta. Mikäli tarkastelu koskee suurta rakennusryhmää, on tarkastelu yleensä yleistasoista riskien tunnistamista ja lisäselvittelytarpeen määrittämistä. Tällöin rakennuksen sijainnin ja perusomaisuuksien (kiinteistökortit/isännöitsijätodistukset) tuntemisella ja vapaasti saatavalla aineistolla (muun muassa kartta-aineistot) voidaan tunnistaa millä ilmatoriskeillä 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 toistuvuusajankautta, jolloin alueen historia yleensä kertoo myös siitä, millaisiin ilmatoriskeihin tulee tulevaisuudessa varautua.
- Aluetta koskevat selvitykset ja riskiarviot, esimerkiksi tulvavaara-alueita kuvaavat kartta-aineistot.
- Rakennushankkeen suunnitelmat kokonaisuudessaan ottaen huomioon rakennushankkeen käynnissä olevan vaiheen.
- Suoritettujen mallinnusten ja laskentatarkastelujen tulokset.
- Aiemmat asiantuntijaselvitykset, kuten kuntotutkimukset ja kuntoarviot.
- Tiedot alueen rasisolosuhteista, mikäli alueelle on hankittu tai laadittu tarkempia selvityksiä esimerkiksi osana kaavoitusta ja aluesuunnittelua.

9 ASIANTUNTIJAOSAAMINEN

Ilmatoriskien vaikutuksen ja näiden 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, että tarkastelu suoritetaan asiantuntijaryhmällä. Mikäli tarkastelun ensisijainen tarkoitus on kartoittaa yleisellä tasolla kohteeseen mahdolliset liittyvät riskit tai kyseessä on tavanomainen pienempi rakennushanke, voi ensivaiheen tarkastelun suorittaa yksittäinen asiantuntija, jonka asiantuntijaosaaminen on monialainen.

Ilmatoriskien arviointiin suositeltua asiantuntijaosaamista ovat seuraavat osa-alueet:

- Ymmärrys ilmastonmuutoksesta sekä säärasitusten vaikutuksesta rakennuskannalle. 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 sisäilmaolosuhteiden näkökulmasta.
- Arkkitehtisuunnittelussa käytössä olevien periaateratkaisujen tunteminen, kuten esimerkiksi säältä suojaavat rakenteet sekä energiatehokkuutta ja aurinkosuojausta edistävät ratkaisut.
- Rakennesuunnittelun osaaminen erityisesti yksityiskohtien ja detaljien suunnittelun osalta.
- Ympäristötekniikan osaaminen erityisesti laajempien aluesuunnittelua koskevien arviointitehtävien osalta.

10 ILMASTORISKITARKASTELUN TILAAJAN OHJE

Ilmatoriskien tarkastelu erityisesti sopeutumistoimien ja varautumisen mahdollisuuksien näkökulmasta eroavat 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 ilmatorasitusten vähentämiseen ja siten niistä aiheutuvien riskien tai haavoittuvuuksien toteutumisen minimointiin. Olemassa olevassa rakennuskannassa ilmatoriskien tarkastelu on enemmän toteavaa ja sopeutumiskeinot oleellisesti rajallisempia.

Ennen tarjouspyynnön laatimista tilaajan tulee pohtia, mitä ilmatoriskitarkastelulla tavoitellaan. Tilaajan tehtäviä eri vaiheissa on esitetty kuvassa 10.1 ja niitä avataan tarkemmin seuraavassa.

| Tavoitteiden asettaminen | Aineiston kokoaminen | Tarjouspyynnön laatiminen | Tarjousten vertailu | Neuvottelu/selonotto |
|---|---|---|--|---|
| <p>Millaiseen/millaisiin kohteisiin tarkastelut tehdään?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uusi rakennus • Muutama olemassa olevaa rakennusta • Monta olemassa olevaa rakennusta <p>Tarkastelun taso?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Karkean tason arviointi • Syventävä arviointi • Alue/tonttitason tarkastelu • Rakennustason tarkastelu | <p>Tarjouspyynnön liitteeksi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Suunnitelma-aineisto • Kuntotutkimus- ja kuntoarvioraportit • Aiemmat ilmatoriskiarvioraportit • Korjaushistoria • Huolto-ohjelma ja huoltohistoria | <ul style="list-style-type: none"> • Laaditaan tarjouspyyntö käyttäen apuna tätä ohjetta • Laaditaan arviointiperusteet ja kerrotaan ne tarjouspyynnössä • Voidaan käyttää erillistä asiantuntijaa | <ul style="list-style-type: none"> • Vertaillaan saatuja tarjouksia • Hylätään soveltumattomat • Valmistellaan neuvottelut soveltuvien kanssa | <ul style="list-style-type: none"> • Varmistetaan tarjoajan osaaminen • Varmistetaan tarjouksessa esitetty henkilöstö • Käydään läpi tarjouksen sisältö ja varmistetaan, ettei ole jäänyt epäselvyyksiä • Käydään läpi aineiston kattavuus ja mahdolliset puutteet ja puutteiden vaikutukset arviointiin • Tavoitteiden tarkentaminen • Aikataulusta ja yhteydenpidosta sopiminen |

Kuva 10.1. Tilaajan tehtävät rakennuksen ilmatoriskiarvioinnin hankinnassa.

10.1 TAVOITTEIDEN ASETTAMINEN

Tavoitteiden asettaminen on keskeisin asia tarjouspyyntöä laadittaessa. Tilaajalla tulee olla kirkkaana mielessä, 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 kiinteistöjoukolla, jolloin tavoitteena on seuloa joukosta tarkempaa analyysia vaativat kohteet tai saada yleispiirteiset arviot arvioitavien rakennusten ilmatoriskeistä ja sopeutumiskeinovalikoimasta.

Syventävässä arvioinnissa tavoitteena on yleensä teettää ilmatoriskiarvio yhdelle tai muutamalle rakennukselle, joille saadaan yksilöidyt sopeutumistoimet.

Alue-/kortteli-/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 onko kyseessä uudisrakennus vai jo valmistuneet rakennukset. Suunnitteluvaiheessa olevan uudisrakennuksen suunnitteluratkaisujen ja materiaalivalintojen avulla on

mahdollista toteuttaa taksonomian mukainen rakennus, jossa tulevaisuuden ilmatoriskit 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.

10.2 AINEISTON KOKOAMINEN

Ilmatoriskitarkastelua varten tarvitaan kattava suunnitelma-asiakirja-aineisto. Tarjouspyyntöä laadittaessa tilaajan tulee perehtyä saatavilla olevaan aineistoon sillä tarkkuudella, että pystyy tarjouspyynnössä sen kuvailemaan 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 tutkimusraportit ovat arvokkaita lähtöaineistoja ilmatoriskitarkasteluun. Vastaavasti rakennuksen korjaus- ja huoltohistoria kertoo systemaattisesta huollosta tai sen puutteesta sekä mainituissa tutkimusraporteissa suositeltujen huolto- ja korjaustoimien toteuttamisesta.

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

Edellä mainittua aineistoa ei ole välttämätöntä liittää tarjouspyyntöön, mutta tarjouspyynnössä tulee käydä ilmi näiden aineistojen saatavuus ja kuuluuko aineiston hankinta tilaajalle vai osana ilmastaselvitystyötä. Suunnitella olevassa kohteessa ilmatoriskitarkastelun tekijällä tulee olla pääsy kohteen projektipankkiin sekä osallistumismahdollisuus tarvittaviin hankkeen kokouksiin.

Olemassa olevasta rakennuskannasta tulee tarjouspyynnöstä selvittää vähintään seuraavia asioita:

- rakennuksen sijainti (osoite)
- rakennustyyppi
- rakennuksen koko (m², kerrokset)
- pääasiallinen runko-, julkisivu- ja katemateriaali
- rakennusvuosi/vuodet
- peruskorjausten vuodet.

10.3 TARJOUSPYYNNÖN LAATIMINEN

Tarjouspyynnön laatijan on suositeltavaa perehtyä ilmatoriskien 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. Lisäksi tarjouspyyntöön kannattaa sisällyttää tarjoajien ammatillista pätevyyttä koskevia vähimmäisvaatimuksia. Niitä voivat olla ilmatoriskien arviointiin osallistuvien asiantuntijoiden koulutus, osaaminen ja kokemus vastaavista tehtävistä.

Laaja-alaisissa toimeksiannoissa ilmatoriskien 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.

Tarjousten arvioinnissa käytettävät vertailuperusteet on hyvän tavan mukaista julkaista tarjouspyynnössä silloinkin, kun hankintalaki ei sitä edellytä. Vertailuperusteet voivat koskea tarjousten hintaa, kustannuksia tai laatua. Laadun osoittamisessa voidaan hyödyntää tarjoajien aikaisempia toimeksiantoja koskevia referenssejä ja käytettävissä olevien asiantuntijoiden pätevyyskriteerejä. Referenssejä koskevien vertailuperusteiden osalta kannattaa huomioida, että varsinaisia ilmatoriskien arviointiselvityksiä on tehty vasta muutamien vuosien ajan. Toisaalta, jos tarjoajilla on kokemusta ilmatoriskiselvitysten lähtötietoina käytettävien selvitysten, tutkimusten ja suunnitelmien tekemisestä, se tukee myös ilmatoriskien ja sopeutumistoimien arvioimista.

10.4 TARJOUSTEN VERTAILU

Tarjousten vertailu on tehtävä tarjouspyynnössä ilmoitettujen vertailuperusteiden mukaisesti. Vähimmäisvaatimukset täyttävistä tarjouksista valitaan jatkotarkasteluun kokonaistaloudellisesti edullisimmat tarjoukset. Perusteena on suositeltavaa käyttää tarjousten hinta-laatusuhdetta.

Hintavertailussa yleisesti käytetty menetelmä on muodostaa vähimmäisvaatimukset täyttävistä tarjouksista jakauma, josta lopulliseen tarkasteluun otetaan tarjoukset, jotka täyttävät mediaanihinnalle asetetun ehdon (esimerkiksi mediaanihinta $\pm 20\%$). Näin saadaan selvästi yli- ja alihintaiset tarjoukset karsittua ja voidaan arvioida tarkemmin tarjousten laatua. Neuvottelut ja selonotto käydään parhaiten kriteerit täyttävien tarjoajien kanssa.

10.5 NEUVOTTELU JA SELONOTTO

Tilaaajan tulee neuvottelussa/selonotossa varmistua tarjoajan henkilöiden osaamisesta ja sitoutumisesta tehtävään. Lisäksi tarjouksen sisältö käydään läpi, jotta molemmat osapuolet ovat yhteisymmärryksessä tehtävän laajuudesta ja tavoitteista.

Aineiston läpikäymisellä varmistetaan hyvät lähtökohdat ja lähtötietojen riittävyys ilmatoriskitarkastelun tekemiseen. Neuvottelussa sovitaan myös menettely aineistopuutteiden kohdalla. Lisäksi sovitaan työn aikataulusta ja yhteydenpidosta työn aikana.

10.6 SOPIMUS

Sopimus toimeksiannosta syntyy, kun tilaaja antaa hyväksyvän vastauksen tarjouksen tekijälle. Tarjouspyynnössä on kuitenkin mahdollista asettaa ehto siitä, että sopimus astuu voimaan vasta, kun osapuolet ovat allekirjoittaneet sen kirjallisesti.

**LIITE 1. ILMASTOVAIKUTUKSIA KOSKEVAN TAKSONOMIASÄÄDÖKSEN (EU) 2021/2139
LIITTEEN 1 LISÄYS A (2 SIVUA)**

L 442/140

FI

Euroopan unionin virallinen lehti

9.12.2021

Lisäys A

**ILMASTONMUUTOKSEEN SOPEUTUMISTA KOSKEVAT "EI MERKIITÄVÄÄ HAITTAA" -PERIAATTEEN MUKAISET
YLEISET KRITTERIT**

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⁽¹⁾, 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 usuin tieteellinen tieto sekä hallitustenvälisen ilmastomuutospaneelin uusimpien raporttien⁽²⁾, mukaiset menetelmät, vertaisarvioidut tieteelliset julkaisut ja avoimeen lähdekoodiin⁽³⁾ 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.

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 sopeutumistoiimiin 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⁽⁴⁾ tai tukevat siniseen tai vihreään infrastruktuuriin⁽⁵⁾ mahdollisuuksien mukaan;

⁽¹⁾ Tulevaisuuden skenaarioihin kuuluvat hallitustenvälisen ilmastomuutospaneelin kasvihuonekaasujen pitoisuuksien mahdolliset kehityskulut RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 ja RCP8.5.

⁽²⁾ Ilmastomuutosta koskevat arviointiraportit: Yhdistyneiden kansakuntien ilmastomuutokseen liittyvä tutkimustietoa arvioivan hallitustenvälisen ilmastomuutospaneelin (IPCC) säännöllisesti julkaisema raportti "Impacts, Adaptation and Vulnerability", <http://www.ipcc.ch/reports/>.

⁽³⁾ Esimerkiksi Euroopan komission hallinnoimat Copernicus-palvelut.

⁽⁴⁾ 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 monimuotoisempiin luontoa ja luonnonmukaisia piirteitä ja prosesseja kaupunkeihin, maisemiin ja merimaailmaan paikallisten, resurssitehokkaiden ja järjestelmään kohdistuvien toimien avulla. Näin ollen luontoon perustuvat ratkaisut hyödyttävät biologista monimuotoisuutta ja tukevat erilaisten ekosysteemipalvelujen tarjoamista. (4.6.2021 hyväksytty versio: <http://ec.europa.eu/research/environment/index.cfm?pg=nbcs>).

⁽⁵⁾ Ks. komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaaliskomitealle ja alueiden komitealle: Vihreä infrastruktuuri (GI) – Euroopan luonnonpääoman parantaminen (COM/2013/0249 final).

9.12.2021

FI

Euroopan unionin virallinen lehti

L 442/141

II. Ilmastoön liittyvien uhkien luokittelu (*)

| | 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 happamointuminen | Maaperän eroosio |
| | Ikiroudan sulaminen | | Meriveden intruusio | Vettyneen rinnemaan valuminen |
| | | | Merenpinnan kohoaminen | |
| | | | Vesistressi | |
| Akutit | 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 | |

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

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
- European Commission (2023) EU-level technical guidance on adapting buildings to climate change. Best practice guidance (2023).
- European Commission (2023) EU-level technical guidance on adapting buildings to climate change.
- by 68. 2024. Betonin valinta ja käyttöikäsuunnittelu – opas suunnittelijoille 2024. Helsinki. Suomen betoni-yhdistys. 103 s.
- 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. *Ilmatieteen laitos, Raportteja No 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>
- 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. Leit-zell, 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. Helsinki. 48 s.
- Kuntaliitto. 2012. Hulevesiopas. Suomen Kuntaliitto, Helsinki. ISBN 978-952-213-896-5. <https://www.kuntaliitto.fi/julkaisut/2012/1481-hulevesiopas>
- Laki tulvariskien hallinnasta 620/2010. Annettu Naantalissa 24 päivänä kesäkuuta 2010. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2010/20100620>.
- 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 ylikämpeneminen muuttuvassa ilmastossa – RAIL. Valtioneuvoston selvitys- ja julkaisutoiminnan julkaisusarja 2023:2. 192 s. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-278-7>
- 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 huoneiltojen kesäaikaisen jäädytystehontarpeen mitoitusolosuhteet – RAMI-hankkeen loppuraportti. Tampereen yliopisto, Rakennustekniikka, Tutkimusraportti 3. Tampere. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-2438-4>
- Maa- ja metsätalousministeriö, 2018. MMM nimesi merkittävät tulvariskialueet 2018–2024. [Verkkosivu]. [Viitattu 11.7.2022] Saatavissa: <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. Essex. 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.
- Parjanne A & Huokuna M, 2014. Tulviin varautuminen rakentamisessa – Opas alimpien rakentamiskorkeuksien määrittämiseksi ranta-alueilla. Ympäristöopas 2014. Suomen ympäristökeskus. 75 s. Saatavissa: <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. Saatavissa: <http://hdl.handle.net/10138/278893>.
- Pellikka H, Leijala U, Johansson M, Leinonen K & Kahma K. Future probabilities of coastal floods in Finland. *Continental Shelf Research* 2018, 157, 32-42. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2018.02.006>.
- Pilli-Sihvola, K., Haavisto, R., Leijala, U., Luhtala, S., Mäkelä, A., Ruuhela, R., Votsis, A. 2018. Sään ja ilmastomuutoksen aiheuttamat riskit Helsingissä. *Kaupunkiympäristön julkaisuja* 6:2018. 95 s. Saatavissa: <https://www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkiymparisto/julkaisut/julkaisu-06-18.pdf>
- Ruosteenoja, K., Jylhä, K., Kämäräinen, M. 2016. Climate Projections for Finland Under the RCP Forcing Scenarios. *Geophysica* 2016/ 51(1). Pp. 17-50. http://www.geophysica.fi/pdf/geophysica_2016_51_1-2_017_ruosteenoja.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. Pp. 39-69.
- 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. Helsinki. 83 s.
- 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. Helsinki.
- Suomen ilmastopaneeli 2019. Ilmastomuutos ja vesihuolto - varautuminen ja terveysvaikutukset. Raportti 10/2019. <https://www.doria.fi/handle/10024/176898>
- Suomen ympäristökeskus (SYKE) & ELY-keskukset, 2020. Kuvaus tulvakarttojen tarkistamisesta Suomessa vuonna 2019. Saatavissa: http://www.i9.ymparisto.fi/i9/fi/trhs/tulvakarttojen_tarkistaminen_suomessa_vuonna_2019.pdf.
- Toivonen, E., Partanen, A-I., Jylhä, K. 2021. Ilmastomuutos vaikuttaa hulevesien mitoittamiseen Suomessa ja muissa Pohjoismaissa. *Vesitalous* 2/2021, s. 14–18.
- Tulvakeskus. 2022. Tulvakarttapalvelu. [Verkkosivu]. [Viitattu 11.7.2022]. Saatavissa: <https://paikkatieto.ymparisto.fi/tulvakartat/Viewer/Viewer.html?configBase=https://paikkatieto.ymparisto.fi/Geocortex/Essentials/REST/sites/Tulvakarttapalvelu/viewers/HTML5/virtualdirectory/Resources/Config/Default/>.
- Veijalainen, N., Jakkila, J., Nurmi, T., Vehviläinen, B., Marttunen, M. & Aaltonen, J. (2012). Suomen vesivarat ja ilmastomuutos – vaikutukset ja muutoksiin sopeutuminen. WaterAdapt-projektin loppuraportti. *Suomen ympäristö* 16 | 2012. Suomen ympäristökeskus (SYKE). 138 s. Saatavissa: <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. 2021. Tulvariskialueet. [Verkkosivu]. [Viitattu 11.7.2022] Saatavissa: <https://www.vesi.fi/vesitieto/tulvariskialueet/>.

LUONNOS LAUSUNTOKIERROKSEN KÄYTTÖÖN