



Karelia-ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK), Rakennustekniikan koulutus

Ilmastonmuutoksen vaikutukset tulevaisuuden rakentamiseen

Milla Mustonen

Opinnäytetyö, syyskuu 2022

www.karelia.fi



OPINNÄYTETYÖ
Syyskuu 2022
Rakennustekniikan koulutus

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600 (vaihde)

Tekijä(t)
Milla Mustonen

Nimeke
Ilmastonmuutoksen vaikutukset tulevaisuuden rakentamiseen

Tiivistelmä

Ilmastonmuutoksella on vaikutuksensa koko yhteiskuntaan ja sitä kautta myös rakennettuun ympäristöön. Sen täydellinen ennustaminen ei ole mahdollista, mutta nykyisillä tutkimusmenetelmillä sen etenemisestä saadaan suuntaa antavia arvioita. Näiden arvioiden pohjalta voidaan ennakoida tulevaa ja toimia niin, että ilmastonmuutoksen tuomiin vaikutuksiin pystytään vastamaan ja niihin pystytään sopeutumaan. Ilmastonmuutoksen hillitsemisen ja sopeutumisen tueksi on hallituksemme johdosta laadittu ilmastolaki. Ilmastolain tavoitteena on hillitä kasvihuonepäästöjä ja tällä tavoin hidastaa ilmastonmuutoksen etenemistä.

Ilmastonmuutoksella on monia eri vaikutuksia koko maailmaan. Rakennuskannan näkökulmasta suurimmat vaikutukset ovat ilmaston lämpeneminen sekä sateiden ja kosteuden lisääntyminen. Nämä vaikutukset näkyvät esimerkiksi lumimäärissä, routaisuudessa ja rakennusolosuhteissa. Lisääntynyt kosteus ja sateisuus vaatii tulevaisuudessa rakenteilta enemmän sietokykyä ja mahdollisesti uusia rakenneratkaisuja kosteusongelmien ehkäisemiseksi. Nouseva lämpötila ja kosteus altistavat rakenteet yhä helpommin home- ja mikrobikasvustolle, jolla on vaikutuksia ihmisten terveyteen ja asumisviihtyvyyteen. Tulevaisuuden rakennusalan ammattilaisilla onkin suuri tehtävä edessään näiden ongelmien ratkaisemiseksi.

Kieli
suomi

Sivuja 32
Liitteet
Liitesivumäärä

Asiasanat
Ilmastonmuutos, rakentaminen, vaikutukset



THESIS
September 2022
Degree Programme in construction technology

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600 (switchboard)

Author (s)
Milla Mustonen

Title
Effects of the climate change to the future construction

Abstract

Climate change has effects to all the society and in the environment we have built. It is not possible to predict the changes perfectly, but the current research methods help to get indicative estimates. Based on these predictions the future changes can be estimated and we can take actions to respond and adapt to the effects of climate change. To support the mitigation and adaptation to climate change, there is a climate act drawn up under the leadership of our government. The Finnish government has drawn up a climate act. The aim of the climate act is to curb greenhouse emissions and this way slow down the progress of climate change.

Climate change has many different effects around the world. From the building stock of view, the biggest effects are global warming and an increase in rain and overall humidity. These effects can be seen, for example, in the amount of snow, frost and building conditions. In the future, increased humidity and precipitation will require more resilience from structures and possibly whole new structural solutions to prevent moisture problems. Rising temperature and humidity expose the structures to be more and more susceptible to mold and microbial growth, which has effects on people's health and living comfort. In the future construction industry professionals have a big task ahead of them to solve these issues.

Language
Finnish

Pages 32
Appendices
Pages of Appendices

Keywords
Climate change, construction, effects

Sisältö

1	Johdanto	1
2	Ilmastonmuutos Suomessa.....	1
2.1	Ilmastoskenaariot.....	1
2.2	Ilmastopolitiikka	3
3	Ilmastonmuutoksen vaikutukset.....	4
3.1	Ilmaston lämpeneminen.....	4
3.2	Sademäärien lisääntyminen.....	5
3.3	Tuulen nopeuksien muutokset	8
3.4	Routa	8
4	Ilmastonmuutoksen vaikutukset rakentamiseen	10
4.1	Sateiden vaikutukset rakennusten ulkopinnoille	10
4.2	Lumikuormat	10
4.3	Tuulikuormat	11
4.4	Rakennusolosuhteiden vaikutus	12
4.5	Yhteenveto ilmastonmuutoksen vaikutuksista rakentamiseen	13
5	Rakenneosien riskit ja muutostarpeet	14
5.1	Betonirakenteet.....	14
5.2	Julkisivut	16
5.3	Vesikatto	18
5.4	Puurunkoiset seinärakenteet	20
5.4.1	Tiiliverhottu puurankaseinä	22
6	Johtopäätökset	24
7	Pohdinta.....	29
	Lähteet.....	30

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä käydään läpi ilmastonmuutoksen vaikutuksia rakentamiseen ja rakennuksiin. Opinnäytetyön tavoite on nostaa esille erilaiset vaikutukset ja pohtia, minkälaisia muutoksia rakentamiseen on tarvetta tehdä, jotta ilmastonmuutoksen tuomiin haasteisiin voitaisiin vastata tai niihin voitaisiin sopeutua mahdollisimman hyvin. Opinnäytetyössä käydään läpi, mitä ilmastonmuutos tarkoittaa Suomessa, ja mihin suuntaan ilmastopolitiikka pyrkii rakentamista viemään. Työssä esitellään ilmastonmuutoksen suurimmat vaikutukset Suomessa, ja miten ne vaikuttavat juuri rakentamiseen. Työssä on käyty rakennekohtaisesti läpi, mitä erilaisia haasteita ja ongelmia niihin liittyy, ja millä asioilla ilmastonmuutoksen aiheuttamaa rasitusta kyseiselle rakenneosalle voitaisiin pienentää. Ilmastonmuutoksen vaikutuksien arvioinnin pohjana työssä on käytetty IPCC:n raportin pohjalta laadittuja ilmastoskenaarioita, joissa ennustetaan mahdollisia ilmastonmuutoksen vaikutuksia Suomessa. Täysin tarkka ilmastonmuutoksen etenemisen arviointi on täysin mahdotonta, joten kaikki opinnäytetyössä käytetty tieto pohjautuu puhtaasti ilmastonmuutosskenaarioiden tämänhetkiseen todennäköisyyteen.

2 Ilmastonmuutos Suomessa

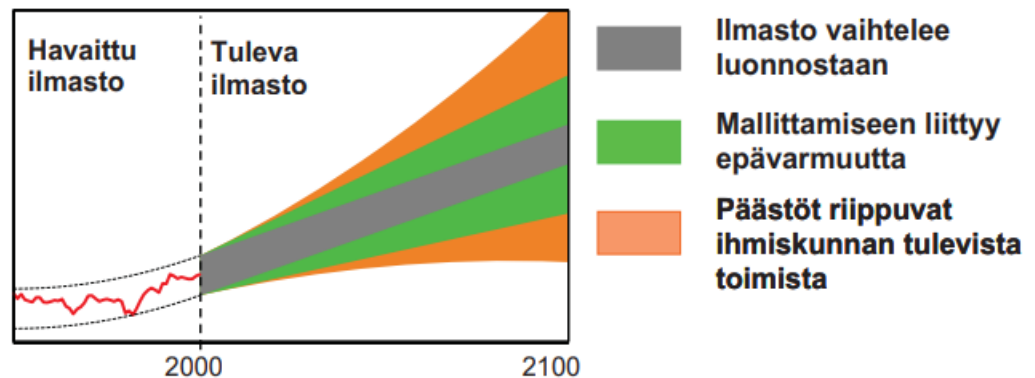
2.1 Ilmastoskenaariot

Ilmatieteen laitoksen laatimassa raportissa on tutkittu 37 eri maailmanlaajuisen ilmastomallin tuloksia. Nämä ns. CMIP-6 mallit ovat samoja, joita on käytetty IPCC:n arviointiraportin pohjana, joka julkaistiin vuonna 2021. Näiden mallien toiminta perustuu tietokoneohjelmistoon, jossa ilmastojärjestelmää kuvataan fysiikan lakien avulla. Ilmatieteen laitos on tiettyjen kriteerien pohjalta karsinut raportistaan joidenkin ilmastomallien tulokset. Raportissa on otettu huomioon 28 eri ilmastomallin tulokset. (Ilmatieteenlaitos 2022, 1.)

Raportin mukaan eri ilmastoskenaariot on jaettu neljään eri SSP-kasvihuonekaasuskenaarioon, jotka ovat: SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 ja SSP5-8.5. Kaksi viimeksi mainittua (SSP3-7.0 ja SSP5-8.5) ovat lähinnä osoitus siitä, kuinka huonosti voisi käydä, jos ilmastonsuojelu laiminlyötäisiin täysin. Näissä skenaarioissa CO₂-päästöjen arvioidaan jopa 2- ja 3-kertaistuvan vuosisadan loppuun mennessä. Huomioon ottaen nykyisen ilmastopolitiikan ja jo hyväksytyt ilmastopimukset, nämä skenaariot näyttävät varsin epätodennäköisiltä. SSP2-4.5 skenaario näyttää tällä hetkellä olevan todennäköisin tulevaisuuden näkymä. Siihen pyrkimiseen vaaditaan, että osa maailman maista on sitoutunut päästövähennyksiin, vaikka muu maailma suhtautuisi päästövähennyksiin huolettomammin. Tämän skenaarion mukaan arvioitu keskilämpötilan nousu maailmanlaajuisesti tämän vuosisadan lopulla olisi noin 2,7 °C (2,1–3,5) °C. (Ilmatieteen laitos 2022, 2–4.)

Ilmastonmuutoksen tulevaisuuden arviointi perustuu maailmanlaajuisiin ilmastomalleihin. Ilmastomallit kuvaavat merien, lumen ja jään, maaperän, ilmakehän sekä kasvillisuuden vuorovaikutusta ja käyttäytymistä. Ilmastoennusteiden simuloinnissa joudutaan tekemään yksinkertaistuksia ja malleilla täydellistä kuvaa ympäristöstä ei voida luoda. On havaittu kolme eri tekijää, jotka vaikuttavat ilmastomuutoksen ennustamisen epätarkkuuteen (kuva 1). Näitä epävarmuustekijöitä ovat:

1. Kasvihuonekaasujen ja pienhiukkasten määrä ilmakehässä. Näiden hiukkasten määrään vaikuttaa väestönkasvu, kulutus, energian tuotantotapa sekä energiaintensiivisyys.
2. Erot ilmastomallien välillä. Monet arvot joudutaan laskemaan likimääräisesti tietokoneiden suorituskyvyn rajallisuudesta johtuen, ja eri malleissa lopputulemat poikkeavat toisistaan.
3. Luonnollinen vaihtelu. Kylmät ilmavirrat joinain vuosikymmeninä ja lämpimät ilmavirrat toisina vuosikymmeninä saattavat aiheuttaa hetkellisesti ilmaston lämpenemisen pysähtymisen, ja taas lämpimät ilmavirrat saattavat aiheuttaa ilmastomuutoksen nopeankin etenemisen. (Ilmatieteen laitos 2009.)



Kuva 1. Epävarmuustekijät eri ilmastoskenaarioissa. Kuvassa vaaka-akselina aika ja pystyakselina ilmastosuureen vaihtelu, esimerkiksi sademäärä tai lämpötila. (Ilmatieteen laitos, 2009.)

2.2 Ilmastopolitiikka

Nykyinen ilmastolaki astui voimaan 1.7.2022. Tätä edellinen, Suomen ensimmäinen ilmastolaki oli vuodelta 2015. Ilmastolain tarkoituksena on asettaa viranomaisvelvoitteita, sekä siinä säädetään kansallisia ilmastotavoitteita, ilmastopolitiikan suunnittelua sekä seurantaa. Uudessa, vuoden 2015 korvaavassa ilmastolaissa on asetettu uudet ilmastotavoitteet vuosille 2030 ja 2040. Lisäksi päästötavoitteita on päivitetty vuoden 2050 osalta. (Ympäristöministeriö 2022, 2–4.)

Ilmastolain tavoitteena on tehostaa toimenpiteitä, jotka tähtäävät ilmastonmuutoksen hillitsemiseen sekä sopeutumiseen. Lain tavoitteena on seurata näiden toimenpiteiden suunnittelua ja täytäntöönpanoa. Uudet kasviuonekaasupäästöjen vähennystavoitteet ovat, että kasviuonekaasupäästöt vähenevät vähintään 60 % vuoteen 2030 mennessä, ja vähintään 80 % vuoteen 2040 mennessä verrattuna vuoteen 1990. Vanhassa ilmastolaissa vuoden 2050 tavoitteeksi oli asetettu 80 % väheneminen, mutta uudessa laissa tavoitteeksi on asetettu 95 %, kuitenkin vähintään 90 % vuoteen 1990 verrattuna.

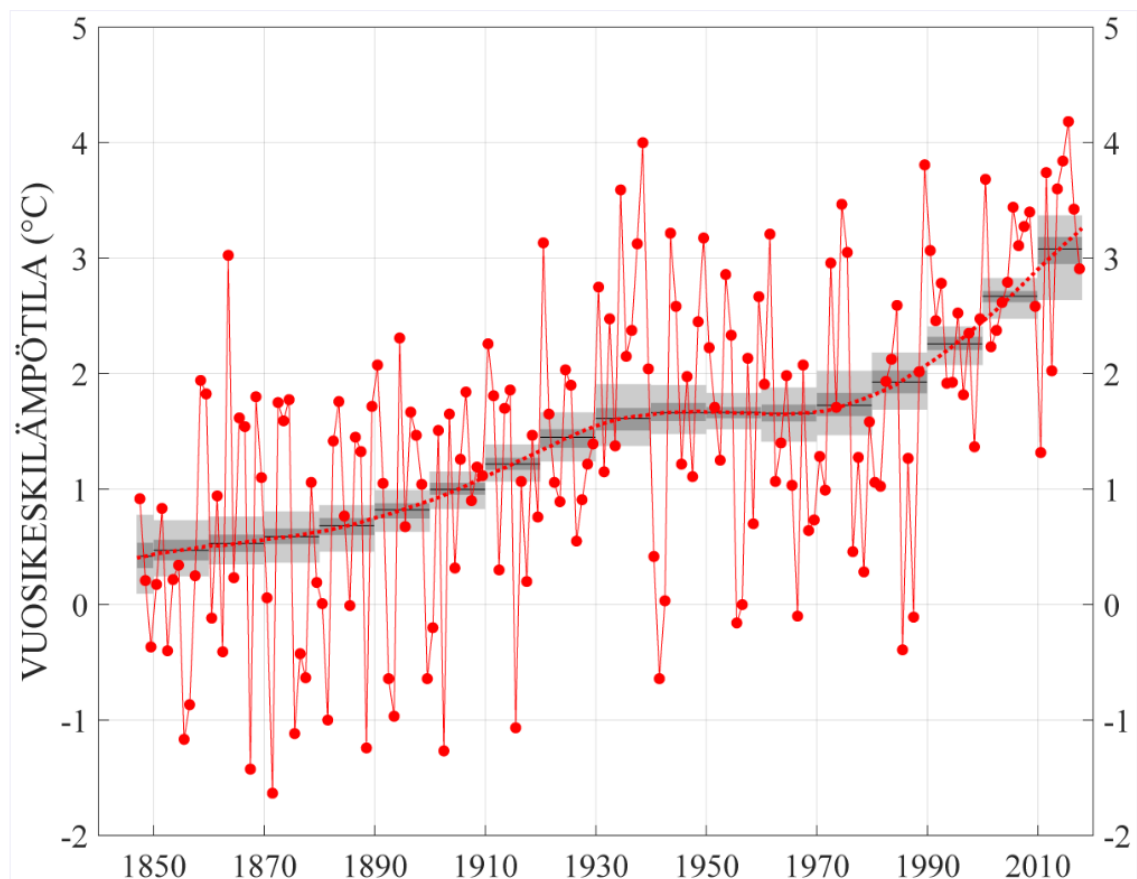
Tärkeimpänä työkaluna ilmastopolitiikan toteutumisen seurannassa toimii ilmastovuosikertomus. Ilmastovuosikertomuksessa seurataan linjatun

ilmastopolitiikan toteutumista ja päästöjen vähenemisen ajantasaiset tiedot Suomessa. (Valtioneuvosto 2022.)

3 Ilmastonmuutoksen vaikutukset

3.1 Ilmaston lämpeneminen

Suomen keskilämpötila on noussut 1800-luvun loppupuolelta verrattuna tähän päivään noin 2 astetta (kuva 2.) Suurin lämpeneminen on tapahtunut talvella, jossa lämpenemistä on tapahtunut noin 2–3 astetta. Vuosien aikana on kuitenkin useampia vaihteluita, lämpimiä vuosia ja erittäin kylmiä talvia. Kesällä lämpeneminen on jäänyt noin asteeseen. (Ilmasto-opas 2020.)

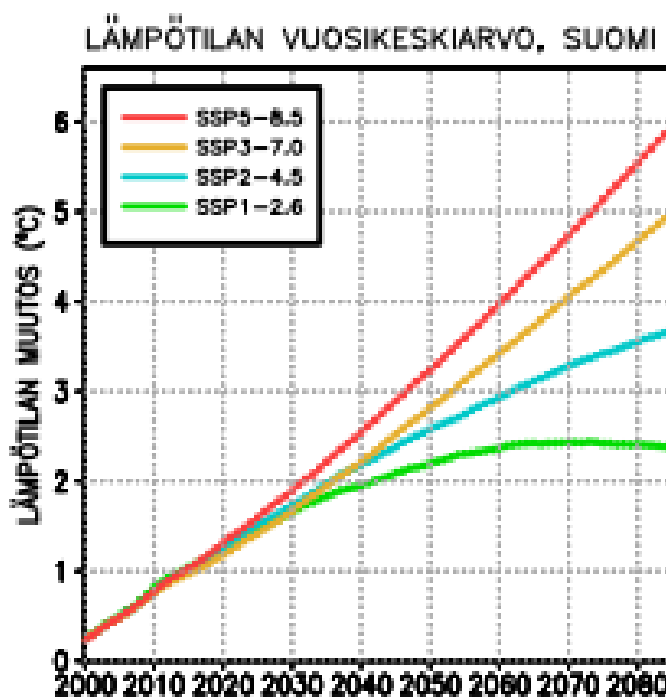


Kuva 2. Keskilämpötilan nousu 1800-luvun puolivälistä alkaen. (Ilmasto-opas 2020.)

1960-luvulta alkaen lämpötilan nousu Suomessa on ollut nopeampaa kuin koskaan aiemmin. Auringon aktiivisuuden pitkäaikaisvaihtelu ja toisen

maailmansodan jälkeisen ihmisaerosolien määrän kasvu ilmakehässä on näinäkin vuosikymmeninä aiheuttanut kausia, jolloin lämpötilan nousu on hetkellisesti pysähtynyt. Kun taas tarkastellaan havaintoja Suomesta viime vuosina, samanlaista lämpenemisen hidastumista ei ole näköpiirissä. (Ilmatieteen laitos 2014.)

Kaikkien eri kasvihuonekaasuskenaarioiden mukaan Suomessa lämpötila nousee keskimäärin enemmän kuin muualla maailmassa (kuva 3). Suomessa lämpötila kohoaa noin 1,6 kertaa nopeammin kuin muualla maailmassa vuosisadan loppuun mennessä. (Ilmatieteen laitos 2022.)



Kuva 3. Eri kasvihuonekaasuskenaarioiden ennuste lämpötilamuutoksille Suomessa. (Ilmatieteen laitos 2022).

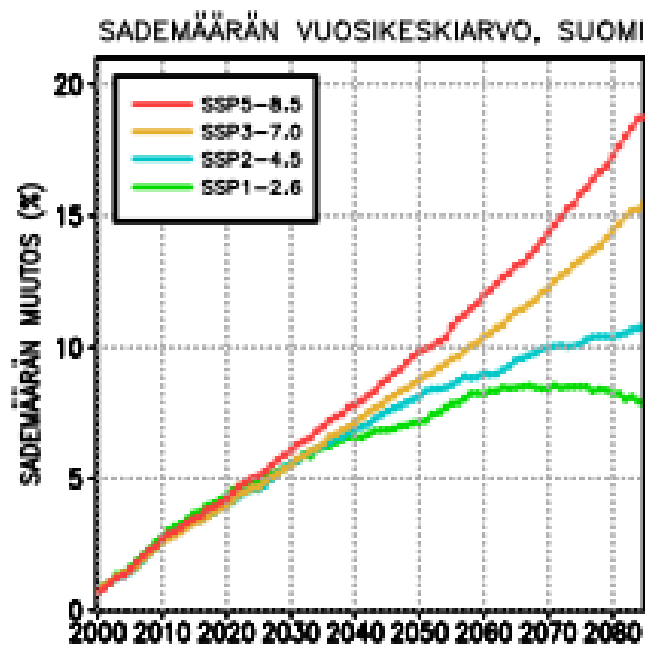
3.2 Sademäärien lisääntyminen

Kokonaissademäärien lisääntyminen on arvioitu eri ilmastoskenaarioissa erilaiseksi (kuva 4). Pahimmassa ilmastoskenaariossa, joka tällä hetkellä kuitenkin vaikuttaa olevan epätodennäköinen, kokonaissademäärien kasvu olisi jopa 20 %. Aivan tiukimpien rajoitusten skenaariossa kasvu on arvioitu olevan

noin 8 %. Mallien välillä vaihtelu on suurta, ja myös ilmaston luonnollinen vaihtelu tuo sademäärien arvioituun kasvuun omat epävarmuustekijät. Odotettavissa kuitenkin on, että sademäärät tulevat lisääntymään Suomessa tulevina vuosikymmeninä. Tulevaisuuden sademääriä Suomessa on arvioitu lähinnä maailmanlaajuisten ilmastoskenaarioiden avulla. (Ilmatieteen laitos 2022.)

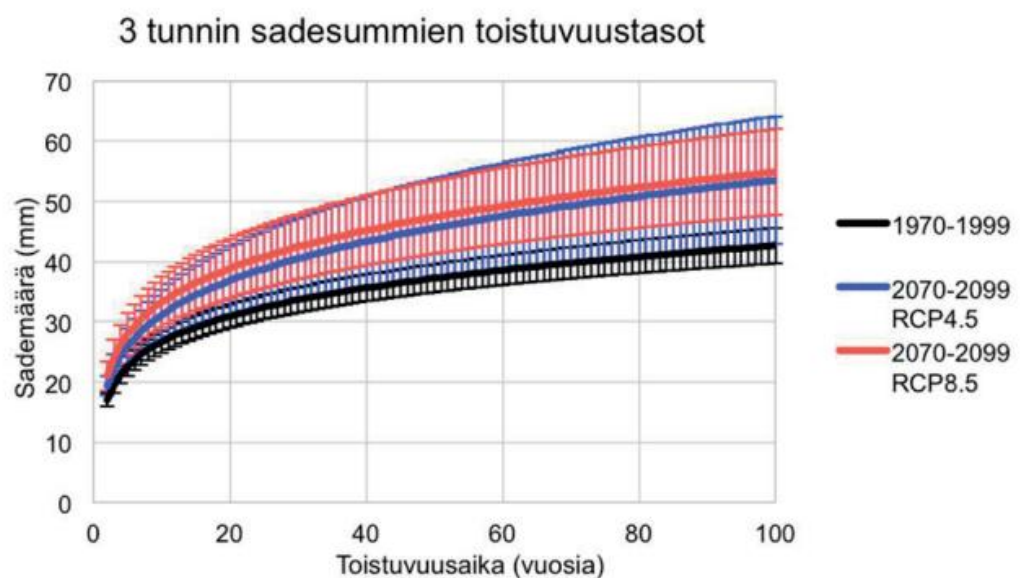
Suhteellisesti eniten sädemäärät kasvavat talvella. Talven sademäärän on arvioitu lisääntyvät vuosisadan loppuun tultaessa mallitulosten keskiarvon mukaan noin 7–30 %, verrattuna vuosiin 1981–2010. Myös sateettomien poutajaksojen arvioidaan lyhenevän hieman, noin 10 %. Kokonaissademäärä jää silti talvella pienemmäksi kuin kesällä. Suurimmat sademäärät saadaan siis todennäköisimmin jatkossakin kesällä. Kesällä ei kuitenkaan sada useammin, vaan entistä rankimmin. Vuosisadan loppupuolella kesän sademäärän lisääntyminen on arvioitu olevan noin 5–10 % vuosiin 1981–2010 verrattuna. Kovimmat kesän rankkasateet voivat voimistua tulevina vuosikymmeninä jopa 10–25 %. (Ilmasto-opas 2017.)

Maantieteellisesti sademäärät lisääntyvät todennäköisesti nopeammin pohjoisessa kuin etelässä. Sademäärät kasvavat jokaisena vuodenaikana mutta eniten talvella. Etelässä sen sijaan sadepäivät saattavat kesällä jopa vähentyä, mutta talvella lisääntyä. Rankkasateiden arvioidaan voimistuvan yhtä lailla niin etelässä kuin pohjoisessakin kaikkina vuodenaikoina. (Ilmasto-opas 2017.)



Kuva 4. Eri kasvihuonekaasuskenaarioiden ennuste sademäärän muutoksista Suomessa. (Ilmatieteen laitos 2022).

Rajuilmoja ja rankkasateita on mahdotonta simuloida täysin eri ilmastomalleilla epävarmuustekijöiden takia. Ilmastomallien ennusteet antavat kuitenkin melko luotettavaa ja yhteneväistä näyttöä siitä, että lämpötilan nousu, sademäärien lisääntyminen ja rankkasateiden yleistyminen ovat todennäköinen skenaario. Eri ilmastoskenaarioissa rankkasateiden ennustukset poikkeavat toisistaan (kuva 5).



Kuva 5. Eri ilmastoskenaarioiden ennuste rankkasateiden toistuvuustasoista verrattuna vuosien 1970–1999 vertailujaksoon (Jylhä K. ym. 2020, 35).

3.3 Tuulen nopeuksien muutokset

Tuulisuuden tulevaisuuden tilanteen arviointi on hankalampaa kuin esimerkiksi lämpötilojen nousun arviointi. Suomessa tuulituhojen voidaan arvioida lisääntyvän sitä mukaa kuin lämpötila nousee, johtuen routakauden lyhentymisestä ja sateiden ilmentyminen enemmän vetenä. Puiden juuret eivät ole yhtä hyvin ankkuroituneet routimattomaan maahan, joten ne kaatuvat helpommin. Ilmastomallit eivät kuitenkaan pysty ennustamaan yksittäisten rajuilmojen yleistymistä tai voimakkuutta lukuisien epävarmuustekijöiden takia. (Ilmatieteen laitos 2020.)

Selkein muutos tuulissa tapahtuisi lähinnä etenkin syksyisin länsipuoleisten ilmavirtausten lisääntyminen. Ilmatieteen laitoksen tutkimuksessa vertailtiin yhteensä 21 eri ilmastomallin tuloksia tuuli-ilmaston odotettavista olevista muutoksista. Tutkimuksessa huomioitiin tuulien keskimääräiset nopeudet sekä eri suunnista tulevien tuulien yleisyys. Ilmastonmuutoksella näyttäisi olevan enemmän vaikutusta tuulten suuntiin, kuin niiden voimakkuuksiin. (Ilmatieteen laitos 2019.)

Koska tulevaisuudessa lounais- ja länsisuuntaiset tuulet lisääntyvät entisestään, se rasittaa etenkin rakennusten etelä- ja lännenpuoleisia seiniä, sillä nämä seinät joutuvat rankkimmin viistosateen uhreiksi. Tämä taas lisää kosteusvaurioitumisen riskiä. (Ilmatieteenlaitos 2019.)

3.4 Routa

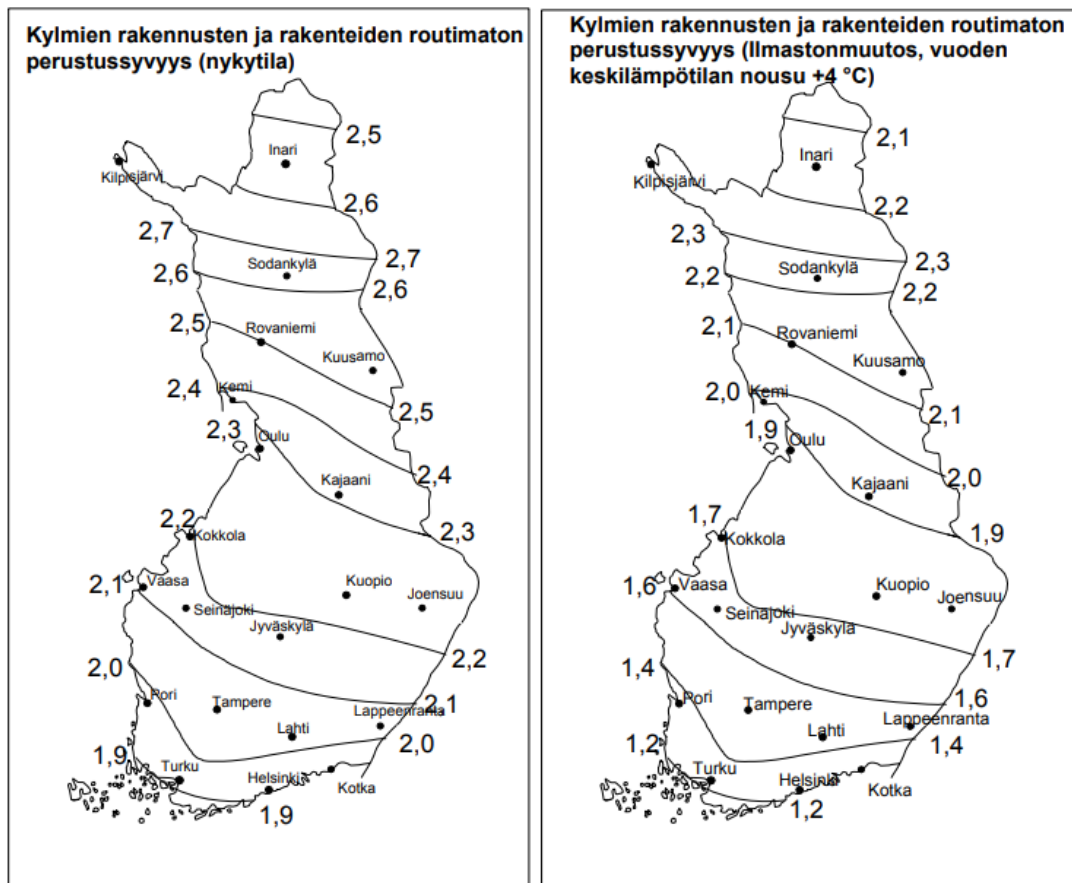
Lämpenevä ilmasto aiheuttaa roudan vähenemistä, jos ennustetut ilmastomallit käyvät toteen. Maa ei ilmastonmuutoksen myötä jäädy samalla lailla kuin tähän asti. Routakerroksen on arvioitu ohenevan Lapissa noin 25 % vuoteen 2050 mennessä, ja jopa 30–40 % vuoteen 2100 mennessä. Etelä-Suomessa arvioiden mukaan routaa on sisämaassa enää noin puolet nykyisestä

vuosisadan lopulle tultaessa. Ilmaston luonnollinen vaihtelu kuitenkin aiheuttaa myös roudan vaihtelua. (Ilmatieteenlaitos 2019.)

Suomessa kaikessa rakentamisessa routa on huomioitu, sillä se kasvattaa rakentamiskustannuksia sellaisilla alueilla, jossa routaa esiintyy.

Routaantumisen muutoksia lämpötilan nousun johdosta voidaan arvioida keskilämpötilamuutoksen avulla, kun vertailukohtana on nykytilanne. (VTT 2004, 26).

Arvioiden mukaan kylmien rakennusten routasuojauksen tarve vähenee merkittävästi (kuva 6). Routasuojaus kylmissä rakenteissa perustuu maan pintakerrokseen kerääntyneen lämmön poistumisen estämiseen. Arvioiden mukaan routasuojauksen perussyvyys kylmien rakennusten kohdalla pienenee noin 0,4–0,7 m nykyisestä. (VTT 2004, 30.)



Kuva 6. Kylmien rakenteiden perustuksien routimaton perussyvyys (m). Vasemmassa kuvassa nykytila ja oikealla ilmastonmuutoksen arvioiden tilanne, jossa vuoden keskilämpötila olisi noussut +4 °C. (VTT 2004, 31.)

Myös vaadittavat lämmönvastukset routaeristeistä pienenisivät paikkakunnasta riippuen arviolta 1,2–2,8 m^2K/W . Käytännössä tämä tarkoittaisi noin 50–100 mm ohuempia EPS- ja XPS-polystyreenilevyjä tai noin 200–450 mm ohuempaa kevytsorakerrosta. (VTT 2004, 31.)

4 Ilmastonmuutoksen vaikutukset rakentamiseen

4.1 Sateiden vaikutukset rakennusten ulkopinnoille

Ennusteiden mukaan Suomessa sademäärät voivat lisääntyä jopa 10–20 % lähteistä riippuen. Ulkoverhoukset suojaavat rakennusten runkoa ja eristeitä, ja lisääntyvä kosteusrasitus asettaa materiaaleille yhä kovempia vaatimuksia. Tuuli vaikuttaa viistosateen muodostumiseen, joka myös enenevässä määrin lisää julkisivujen sadekuormaa. Julkisivujen kosteusrasituksen on arvioitu nousevan nykytilasta jopa noin 20–50 % pelkästään lisääntyvien sateiden johdosta. Ulkomaalausten ja puuverhouksien käyttöikä tai/ja huoltoväli lyhenee. Homehtumisriski ja mikrobien kasvu näillä pinnoilla lisääntyy. Julkisivujen kasvavaan kosteusrasitukseen voidaan vaikuttaa esimerkiksi rakennusten muodoilla ja erilaisilla rakenneratkaisuilla, kuten räystäillä ja katoksilla. (VTT 2004, 42).

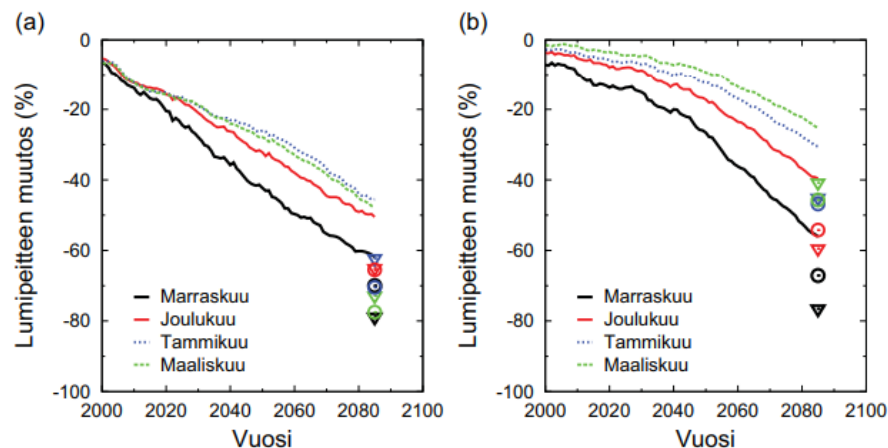
Viistosaderasitus rakenteiden julkisivuille kasvaa sademäärien lisääntyessä. Ulkopintoihin syntyy näin erityisen herkäät olosuhteet homekasvuston syntymiselle. Kosteuden siirtyminen rakenteesta sisälle päin lisääntyy julkisivuihin imeytyneen veden johdosta, joka lisää homehtumis- ja kondenssiriskiä aina rakenteen sisäpinnoilla asti. (Vinha, 2019.)

4.2 Lumikuormat

Lämpötilan nousu ja sademäärien lisääntyminen vaikuttavat myös lumisuuteen. Etelä-Suomen runsaslumiset talvet tulevat ilmastonmuutoksen myötä vähenemään pikkuhiljaa. (Ilmastokatsaus 2021.) Lumipeitteen muutoksen

ennustaminen on kuitenkin epävarmaa ja poikkeavuuksia esiintyy etenkin maailmanlaajuisten ja paikallisten ennusteiden välillä. Oletuksena on, että alueelliset tarkemmat mallit antavat tilanteesta hieman luotettavamman kuvan. (Ilmatieteen laitos 2009, 50–51.)

Lumimäärä vähenee ja myös lumipeiteaika lyhenee (kuva 7). Tulevaisuudessa lumen olomuoto ja rakenne on myös erilaista. Vuosisadan loppupuolella lumen arvioidaan olevan suurikiteisempää ja tiheämpää. Keskitalvellakin hangen keskilämpötila voi olla sulamispisteen tuntumassa. Kuiva pakkaslumi vähenee ja jäisen sekä sulavan lumen osuus kasvaa. Tämä voi lisätä sulamisvesien aiheuttamien tulvimisien riskiä. Lumen rakenteella voi olla tulevaisuudessa kuitenkin edelleen enemmän vaihteluita myös vuosien välillä. (Ilmatieteen laitos 2009, 56.)



Kuva 7. Lumipeitteen arvioitu muutos vuosisadan loppuun mennessä a) Jyväskylän ja b) Sodankylän korkeudella. (Ilmatieteen laitos; Helsingin Yliopisto 2019.)

4.3 Tuulikuormat

Tuulikuormien suuruusarvio perustuu historiatietoihin ja dataan, jonka todennäköisyysperiaatteella on määritelty rakennuksen eliniän suurimmat tuulikuormat ja niiden vaikutukset. Tuulikuorman määräytymispiste on tuulen nopeus. Tähän mennessä myrskytuulien aiheuttamat vauriot rakennuksille ovat olleet suhteellisen pieniä verrattuna muualla Euroopassa tapahtuviin tuhoihin.

Nykyisten ennusteiden mukaan tällaiset rajuilmat kuitenkin tulevat lisääntymään Suomessa lähivuosikymmeninä. (VTT 2004, 49–50.)

Uudisrakentamisessa myrskyjen yleistyminen ja tuulien voimistuminen voidaan ottaa huomioon päivittämällä ohjeita ja normeja oletettujen vaikutusten perusteella. Korjausrakentamisessa voidaan rakenteita parantaa rakenteen aerodynaamisia ominaisuuksia, jotta ne eivät vaurioitu myrskyssä. (VTT 2004, 49–50.)

Räystääalueiden, kattorakenteiden ja erilaisten julkisivuihin kiinnitettävien varusteiden yhä tukevampaan kiinnittämiseen tulisi kiinnittää entistä enemmän huomiota. Näin niiden irtoaminen ja rakenteen vaurioituminen myrskytuulissa voidaan ehkäistä. (VTT 2004, 49–50.)

4.4 Rakennusolosuhteiden vaikutus

Työmaaolosuhteiden näkökulmasta tärkeimmäksi teemaksi nousee kosteussuojaus sekä riittävät kuivumisajat. Uusien rakennusalan ammattilaisten koulutukseen tulisi lisätä tietoa ilmastonmuutoksesta ja sen vaikutuksesta oikeaan ja toimivaan rakennustapaan. (Vinha 2019.)

Jo hankkeen tarjousvaiheessa kosteudenhallintaselvitys tilaajan toimesta antaa vaatimukset rakennuskohteen kosteusvaatimuksille.

Kosteudenhallintaselvityksessä tuodaan esille kohteelle tarvittava ja riittävä sääsuojaus sekä keskeiset toimenpiteet kosteudenhallintaan.

Kosteudenhallintaselvityksen pohjalta vastaava työnjohtaja tekee kosteudenhallintasuunnitelman, jota toteutetaan ja valvotaan läpi hankkeen ja rakennusvaiheen. Hyvin toteutettu kosteudenhallintasuunnitelma ennaltaehkäisee rakennusvaiheen aikana syntyviä kosteusteknisiä ongelmia. Ilmastonmuutoksen myötä kosteudenhallintaan joudutaan kiinnittämään entistä enemmän huomiota, ja sen tietyt kriteerit tulevat todennäköisesti muuttumaan lisääntyvät kosteuskuorman myötä. (Vinha 2019.)

Yleistyvät sään ääri-ilmiöt vaikuttavat myös itse rakentamiseen. Esimerkiksi rakennustyömailla varastoitavat materiaalit on suojattava mahdollisten rankkasateiden tai muiden ääri-ilmiöiden varalta. (VTT 2004.)

4.5 Yhteenveto ilmastonmuutoksen vaikutuksista rakentamiseen

Ilmastonmuutoksen näkyvimmit vaikutukset rakentamiseen:

- Rankkasateiden ja myrskyjen lisääntyminen
- Tuulten puuskittainen voimistuminen ja viistosateiden lisääntyminen
- Rakenteiden vaurioitumisriskin kasvu
- Lumimäärän väheneminen ja routimissyvyyden pieneneminen
- Rakentamisen olosuhteiden muutokset
- Kosteusvaurioriski kasvaa
- Homekasvustolle otolliset olosuhteet yleistyvät

(Ilmasto-opas 2017; Rakennuslehti 2008; Vinha 2019.)

Ilmastonmuutos vaikuttaa yhteiskuntaan ja sitä kautta koko rakennettuun ympäristöön. Erityisesti vaikutuksista suurimmiksi korostuu muutokset lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmissä, sekä muutokset lämpötila- sade- ja tuuliolosuhteissa. Ilmastonmuutoksella voidaan katsoa olevan myös positiivisia vaikutuksia rakentamiseen, sillä rakentamisaikaiset pakkaskaudet vähenevät ja roudan syvyyden arvioidaan pienentyvän. Kun ilmastonmuutoksen tuomiin muutoksiin varaudutaan hyvissä ajoin etukäteen, voidaan positiivisia vaikutuksia hyödyntää paremmin, ja pienentää kielteisiä vaikutuksia. Ilmastonmuutoksen vaikutukset tulisi huomioida niin rakennetun ympäristön suunnittelussa, rakentamisessa ja rakennetun ympäristön ylläpidossa. (VTT 2004.)

Suomessa sademäärät todennäköisesti lisääntyvä keskimäärin koko Suomessa. Suurimmat vaikutukset näkyvät etenkin talvella. Kuivuusriskit ovat näin ollen pienempiä muuhun maailmaan verrattuna. Kuivuuden riskit Suomessa kasvavat kuitenkin kesällä erityisesti Etelä- ja Keski-Suomessa. (Suomen ympäristökeskus 2022.)

5 Rakenneosien riskit ja muutostarpeet

Korkeampi lämpötila ja suuri kosteus aiheuttaa rakenteille kasvanutta homehtumisriskiä (taulukko 1). Rakennusmateriaalin kosteuskäyttämiseen vaikuttaa sen huokosjakauma, kokonaishuokostilavuus ja huokosrakenne. Pienihuokoisemmat materiaalit varastoivat itseensä enemmän hygroskooppista kosteutta verrattuna suuri huokoisempiin materiaaleihin. Tämä huokosiin varastoitunut kosteus aiheuttaa lämmönsiirtymistä rakenteen läpi, johtuen veden suuremmasta lämmönjohtavuudesta. (Mäkitalo 2012, 31.)

Kriteeri	Homeen kasvun riski		
	Ei riskiä	Pieni	Suuri
u_k [paino-%]	< 15	15...20	> 20
RH [%]	< 70	70...85	> 85

Taulukko 1. Homeen kasvun riskiarvot. u_k on materiaalin kosteuspitoisuus, ja RH ilman suhteellinen kosteus (Mäkitalo 2012, 57).

5.1 Betonirakenteet

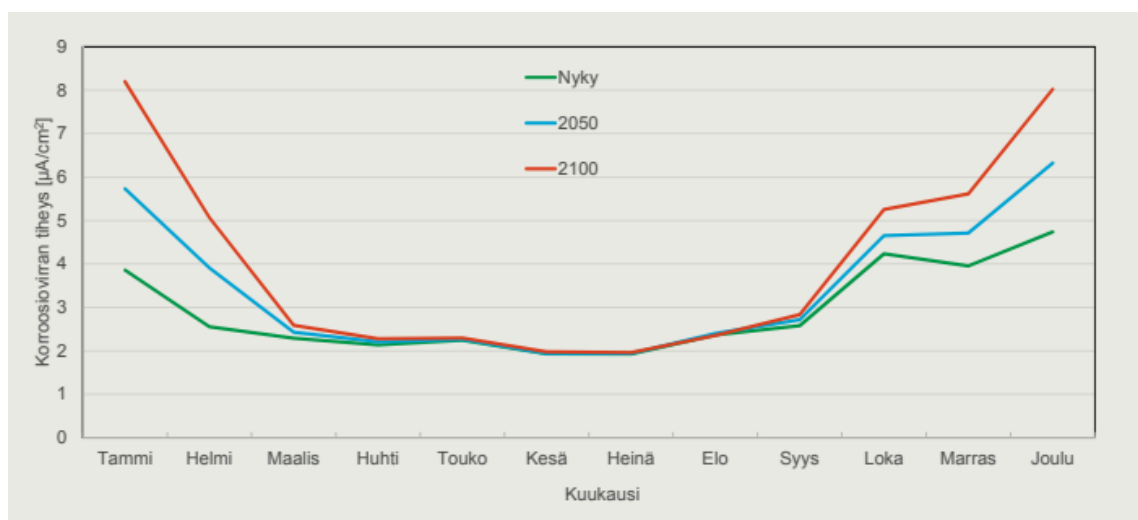
Nykytutkimusten mukaan viistosateilla on ollut suurin vaikutus pakkasrapautumisen etenemiseen. Tämä on havaittu tutkittaessa rannikolla sijaitsevia rakennuksia. Viistosateilla, eli lisääntyvän sateen ja tuulen vaikutuksella onkin merkittävä vaikutus betonin vaurioitumiseen (kuva 8). Koska ilmastoskenaarioiden valossa viistosateita saadaan tulevaisuudessa enemmän, nyt jo rannikolla sijaitsevat rakennukset joutuvat yhä suuremman vaurioitumisriskin alle, kun taas sisämaassa olosuhteet muuttuvat vastaamaan rannikon olosuhteita. (Pakkala 2020 4–5.)

Ruostumiselta teräksiä suojaa tuoreen betonin emäksisyys. Hiilidioksidin tunkeutuminen betoniin aiheuttaa reaktion, jonka seurauksensa betonin Ph laskee ja se mahdollistaa terästen ruostumisen. Tätä reaktiota kutsutaan betonin karbonatisoitumiseksi. Hiilidioksidin määrän kasvu siis nopeuttaa prosessia, mutta toisaalta lisääntyvä kosteus hidastaa sitä. Tämän tiedon

valossa ei ole odotettavissa, että karbonatisoituminen betonissa alkaisi tulevaisuudessa nopeammin. (Pakkala, 2019.)

Nykypäivän rakennusmääräysten mukaan rakennetut betonirakenteet todennäköisesti selviytyvät haastavammista olosuhteista hyvin. Tätä on kuitenkin mahdoton täysin ennustaa. Isoimmat haasteet ovat korjausrakentamisen puolella, sillä iso osa nykyisestä betonirakennuskannasta on rakennettu ennen nykyisten rakennusmääräysten olemassaoloa. Vanhoja rakenteita korjattaessa tulisi keskittyä rakenteen vikasietokyvyn parantamiseen ja näin ollen parantaa sen kestävyysmahdollisuuksia muuttuvassa ilmastossa. (Pakkala 2020, 5.)

On olemassa jo monia perinteisiä menetelmiä, jolla viistosaderasitusta voidaan hillitä. Näitä ovat esimerkiksi erilaiset räystäät, joiden merkitys tulee tulevaisuudessa korostumaan. Lisäksi rakennusta pystytään suojaamaan erilaisella aluesuunnittelulla ja esimerkiksi puuston järkevällä sijoittelulla ilmansuuntiin nähden. (Pakkala 2020, 5.)



Kuva 8. Keskimääräinen kuukausittainen korroosiovirrantiheys. Kaaviossa tarkastellaan rannikolla sijaitsevan rakennuksen eteläpuoleista julkisivua nykytilassa ja tulevaisuudessa. (Pakkala 2020, 5.)

Betonirakenteissa nouseva lämpötila ja sateiden ja kosteuden lisääntyminen voi aiheuttaa betonin kemiallisen syöpmisen lisääntymistä. Lisäksi kosteustasapainon vaihtelut voivat lisätä halkeiluriskiä. Nämä olosuhteiden muutokset vaativat betonin käyttäytymisen tuntemusta sekä betonirakenteiden

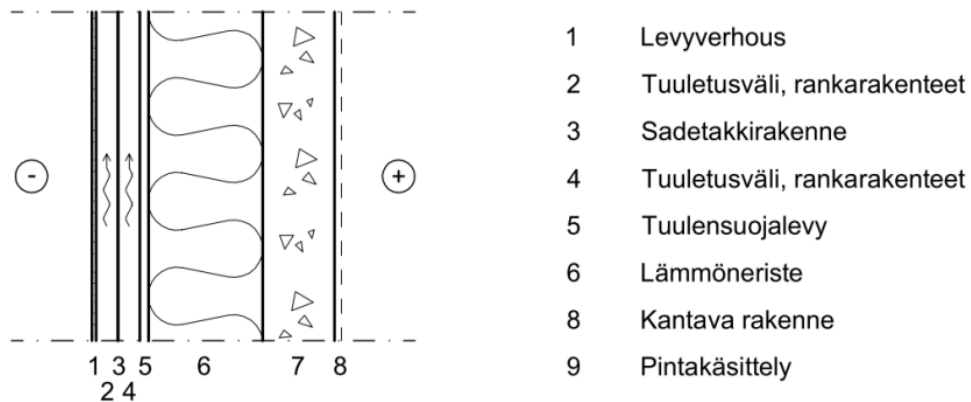
kunnossapidon tehostamista. Esteettisestä näkökulmasta betonijulkisivut saattavat kärsiä epätasaista likaantumista sekä epätoivottuja värimuutoksia. (VTT 2004.)

Myös hiilidioksidipäästöjen osalta ratkaisuja betonirakentamisen saralle on aloitettu etsimään. VTT:n erikoistutkija Tapio Vehmas kertoo artikkelissaan (Vehmas 2022) ”Carbonaide”-menetelmästä. Siinä hiilidioksidia sitoutetaan betonikappaleisiin automatisoidulla järjestelmällä. Menetelmä on helppo totuttaa nykyisissä tuotantomenetelmissä ja tapahtuu ilmanpaineessa. Menetelmä on vielä kehitysvaiheessa, mutta sen tavoitteena on luoda hiilineutraalia betonirakentamista. Hiilidioksidi sitoutuu betoniin ja aiheuttaa sen karbonatisoitumista. Menetelmässä tämä ominaisuus on käännetty voitoksi. (Vehmas 2022.)

5.2 Julkisivut

Ulkoverhouksen tarkoituksena on suojella rakenteita vedeltä ja kosteudelta. Ilmastonmuutoksen myötä myrskytuulet aiheuttavat tuulenpaineen suurenemista, joka aiheuttaa ulkoverhouksen läpi vuotavan veden määrän lisääntymistä. Tuulensuojan kanssa yhdessä suunniteltavat tuuletusraon vesi- ja suojapellit olisi hyvä suunnitella niin, että vesi pääsee ohjautumaan pois rakenteesta eikä vesi tai lumi pääse tunkeutumaan rakenteeseen. (Ympäristöministeriö 2020, 40.)

Jos rakenteessa käytetään ns. sadetakkirakennetta (kuva 9), kerroksen liittymiseen tulisi estää veden kulkeutuminen vesitiiviin kerroksen sisään. Rakenteen tuulettavuus on kuitenkin pystyttävä pitämään riittävänä. (Ympäristöministeriö 2020, 40.)

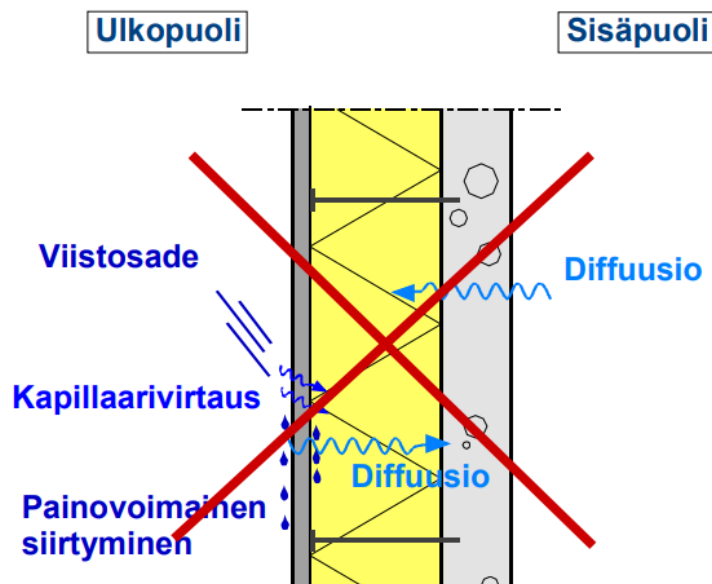


Kuva 9. Esimerkkikuva ns. "sadetakkirakenteesta" (Autio 2016, 8).

Lisääntyvien viistosateiden vaikutusten minimointiin paras tapa on rakentaa riittävän kokoiset räystäät. Nykyään puuverhoiluissa rakennuksessa suositus on vähintään 400 mm leveät räystäät. (Kosteudenhallinta.fi 2022.)

Enää vuosiin eristerappauksia ei ole suositeltu tekemään puurakenteiden päälle, ja suosituksia on hiljattain kiristetty. RIL 250-ohje, joka on julkaistu heinäkuussa 2020, jonka mukaan ei suositella eristerappausta myöskään kivirakenteiden päälle, jos eristemateriaalina on mineraalivilla.

Ympäristöministeriö on linjannut, että rakenteiden täytyy olla ilmastonmuutoksen tuoman kosteusrasituksen myötäkin vikasietokykyisiä. Mineraalivilla on avohuokoinen lämmöneriste. Jos rappaus halkeilee, vettä voi päästä syvällekin rakenteisiin. Eristerappaus onkin nykypäivän yksi heikoimmista ja riskialteimmista rakenteista. (Rakennuslehti 2021.)



Kuva 10. Eristerappaus on nykypäivänä yksi riskialtteimmista rakenteista (Vinha 2019, 15).

Puujulkisivut tulisi suunnitella huolellisesti sen käyttöiän pidentämiseksi. Jotta julkisivusta saadaan pitkäikäinen, suositellaan:

- Riittävän paksua ulkoverhouslautaa (>25 mm)
- Mahdollisimman hyvää puun laatua
- Riittävää kuivuutta asennettavalle ulkoverhouslaudalle (kosteus <18 %)
- Verhouksen alalaita on riittävän etäällä maasta (>500 mm)
- Puun liitoksien, jatkosten ja päiden suojaamista
- Rakenteen pääsemistä vapaasti kuivumaan kastuttuaan
- Tarkastuksia, korjauksia ja huoltoja riittävän usein

(Puuinfo 2022, 2.)

Suosittu ja tunnettu maalinvalmistaja Tikkurila on kehittänyt markkinoille ekologisia ja kestävämpiä puun käsittelyaineita ja maaleja. Esimerkiksi Tikkurilan kehittämä ProHouse-pintakäsittelykonsepti on ekologinen ja sään kestävyydeltään erinomainen. Se myös poistaa rakennusaikaisia riskitekijöitä, sillä verhouspaneelit käsitellään tehtaalla lähes valmiiksi, ja työmaalla tarvitaan enää yksi pintakäsittelykerta. Prosessissa käytettävän maalin sanotaan olevan hyvin vähän vettä läpäisevä, ja pohjustuspuunsuoja sisältää sinistäjän- ja lahottajanestoaineita. Tämä vaikuttaa puun huoltovälin pituuteen oleellisesti.

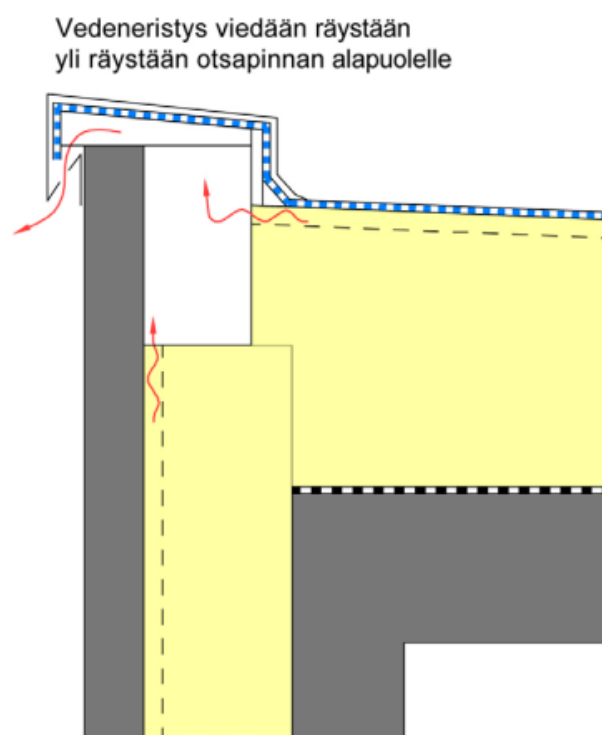
(Puuinfo 2022, 4.)

Koska säätilojen ääri-ilmiöt lisääntyvät ja kesäisin on odotettavissa paahtavia helteitä, myös rakennuksen värillä on väliä. Tällä hetkellä trendinä on lisääntynyt mustat julkisivut, jotka eivät helteellä ole optimaalisia, sillä ne imevät itseensä enemmän auringon säteilyä. Säteily rapauttaa pintoja tummissa rakennuksissa enemmän kuin vaaleissa rakennuksissa. Vaaleat pinnat eivät ime lämpösäteilyä itseensä yhtä runsaasti kuin tummat pinnat. (Yle 2021.)

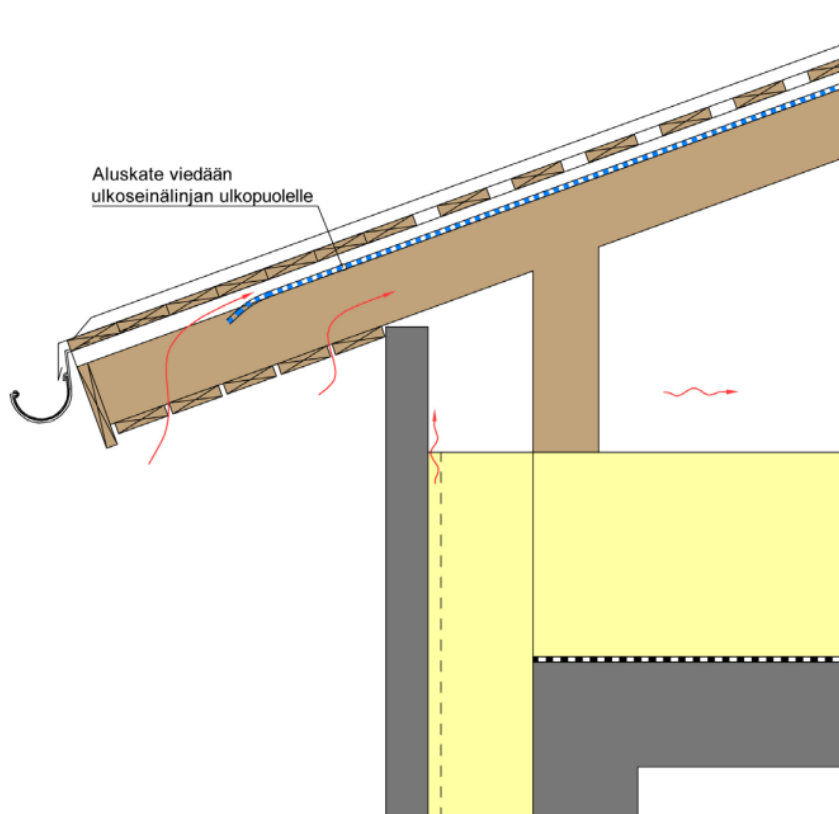
5.3 Vesikatto

Etenkin lisääntyvät rankkasateet vaativat vesikattojärjestelmiltä erinomaista toimivuutta. Vesikatolta vedet tulisi ohjata hallitusti olemassa olevaan sadevesijärjestelmään, kuten kattokaivoihin. Syöksytorvien ja räystäiden avulla sadevesi ohjataan rakennuksen ulkopuolelle. Kattokaivoja käyttäessä katolla tulisi olla useita vedenpoistoalueita. Jos vedenpoistojärjestelmä menee tukkoon, tulvimisen ja veden pääsyn rakenteisiin ehkäisemiseksi on järjestettävä vedelle poistumisreitti. Tällaisia voivat olla esimerkiksi tulvimisen ilmoittava ulosheittäjä, tai viereinen kattokaivo. (Ympäristöministeriö 2020, 41.)

Vesikatteen alapuolella on oltava riittävä lämmöneristys, ilmatiiveys ja tuuletusväli. Vesikattemateriaalin mukaan vesikatolla on oltava riittävä kaltevuus. Tiiviys on oltava riittävä, jotta vesi ei pääse tunkeutumaan rakenteisiin. Kaltevuuden täytyy olla sellainen, ettei sateen jälkeen lammikoitumista pääse muodostumaan. Loivilla katoilla voidaan käyttää jatkuvia kermikatteita tai elastomeereja. Liittymien ja liitoksien vesikatteessa on oltava riittävän tiiviit (kuva 11). (Ympäristöministeriö 2020, 41.)



Kuva 11. Esimerkkikuva loivan katon räystääслиitoksesta, tuuletuksesta ja liitoksesta (Ympäristöministeriö 2020, 42).



Kuva 12. Esimerkkikuva jyrkän katon veden ohjauksesta vesikatteen päältä, tuuletusjärjestelystä sekä katon ja ulkoseinän liitoksesta (Ympäristöministeriö 2020, 42.)

5.4 Puurunkoiset seinärakenteet

Lisääntyvän kosteuden näkökulmasta puurunkoisissa seinärakenteissa kriittisimpiä ja alttiimpia kohtia ovat:

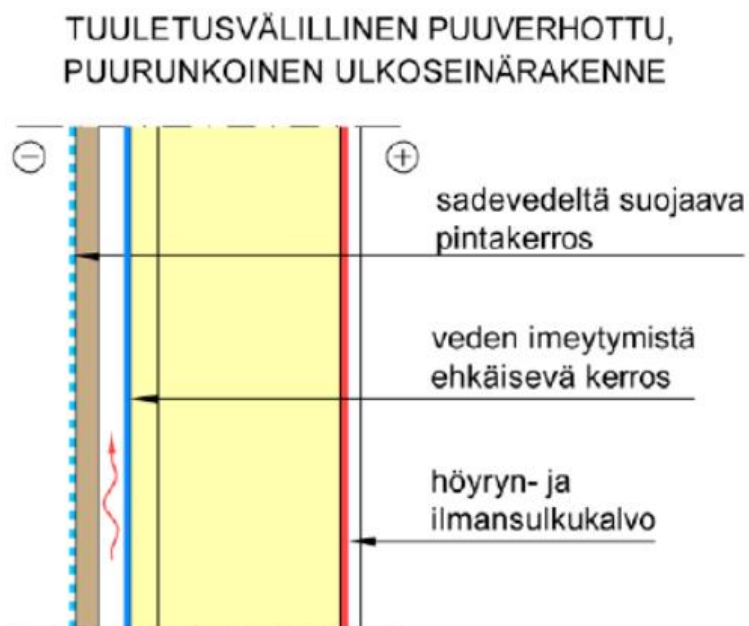
- Puutteellinen tuuletus
- Painuneet tai huonosti asennetut lämmöneristeet
- Puutteet ilmanvaihdossa
- Kylmäsilat
- Tiivistykset ikkunoissa ja läpivienneissä
- Puutteellinen höyry- tai sulkumuovi

(Kosteudenhallinta.fi 2022.)

Saumojen, reunojen ja läpivientien tiiveys on varmistettava höyryn- tai ilmansulkukalvon sisältämissä ulkoseinärakenteissa. Höyryn- ja ilmansulkua

asentaessa on ehdottomasti huomioitava esimerkiksi ikkunoiden yhtyminen muihin rakenneosiin ja varmistettava näiden välinen tiiveys.

(Ympäristöministeriö 2020, 38.)



Kuva 13. Tuuletusvälillisen puuverhotun puurunkorakenteisen ulkoseinärakenteen rakennekuva (Ympäristöministeriö 2020, 38).

Puurunkoisissa seinärakenteissa lämmöneristeiden lisäys heikentää vaipparakenteen toimintaa oleellisesti. Rakenteen ulko-osien viilentyessä kosteuden kondensoituminen lisääntyy, ja homekasvustolle otolliset olosuhteet syntyvät. Vikasietoisuuden heikentyminen aiheuttaa sen, että jo pienikin kosteusvuoto joko rakenteen sisältä tai ulkoa voi aiheuttaa kosteusvaurion. (Vinha 2019, 6.)

Tuuletusrako tasaa rakenteiden painoeroja ja toimii ylimääräisen kosteuden poistajana. Ilmavirran nopeus, ilman kosteuspitoisuus ja ilman lämpeneminen vaikuttavat tuuletusraon kosteudenpoistokykyyn. Sellaisissa rakenteissa, joissa ilmarakoja on vähän tai tulo- tai poistoilmakanavat ovat pieniä, ilmanvaihtuvuus ja ilmavirta on rajoittunut verrattuna avonaisiin rakenteisiin. (Mäkitalo 2014, 43.)

Puurakenteiden kosteusteknistä toimintaa saadaan parannettua laittamalla lisää lämmöneristettä kantavan rungon ulkopuolelle (Vinha 2019, 8).

5.4.1 Tiiliverhottu puurankaseinä

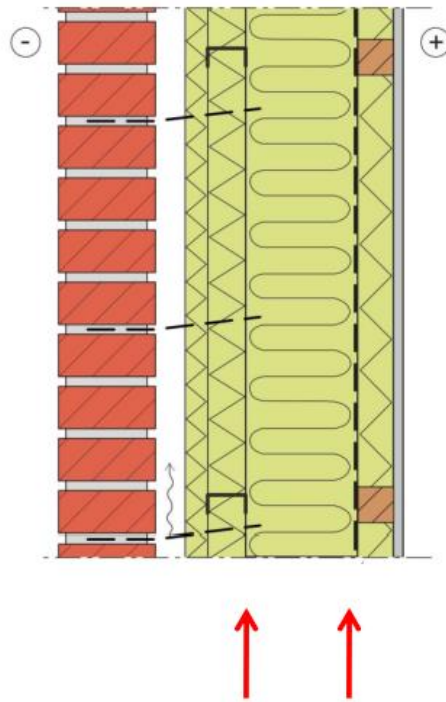
Tiilen huokosrakenteen takia ohut kuorimuuraus rakenteessa voi viistosateella olla lähes täysin kyllästynyt vedellä. Kuorimuurista vesi siirtyy tuuletusraon ilmatilaan vesihöyryinä näin nostaen suhteellista kosteutta. Jotta tuuletusrako pystyy poistamaan rakenteen pinnalta kosteutta, vesihöyrypitoisuuden on oltava tuuletusraossa kulkevassa ilmassa pienempi, kuin rakenteen haihduttavalla pinnalla oleva vesihöyrypitoisuus. Tuuletusraon lämpötila näin ollen vaikuttaa siihen, tuleeko tuuletusraon kautta rakenteisiin lisää kosteutta, vai toimiiko se rakennetta kuivattavasti. (Mäkitalo 2012, 43.)

Homehtumisriski puurunkoisissa tiiliverhotuissa seinissä on erityisen suuri, sillä tiiliverhoukseen sitoutunut kosteus siirtyy diffuusiona rakenteen sisäpuolelle (kuva 14). Jos sisäpuolella on käytetty ristikoolausta, homehtumisriskiä voi olla myös pystyrungon kohdalla höyrynsulun sekä sisä- että ulkopuolella. (Vinha 2019.)

Tällaisissa rakenteissa tärkeimmät toimenpiteet kosteuden aiheuttaman homehtumisriskin ehkäisemiseksi ovat:

- Hygrokalvon käyttäminen höyrysulkuna. Hygrokalvo mahdollistaa rakenteen kuivumisen myös sisälle päin.
- Tuulensuojana hyvin lämpöä eristävä ja homehtumista kestävä materiaali (100 mm mineraalivillalevy).
- Tiiliverhousta ei tulisi suojata sadevedeltä suojaavalla pinnoitteella.
- Yli 10 metriä korkeissa seinissä tiiliverhouksen taakse suositellaan laitettavaksi kummaltakin puolelta tuuletettu höyrynsulkukerros (kuva 15). Tämä estää vesihöyryä diffuusion pääsemästä syvemmälle rakenteeseen.

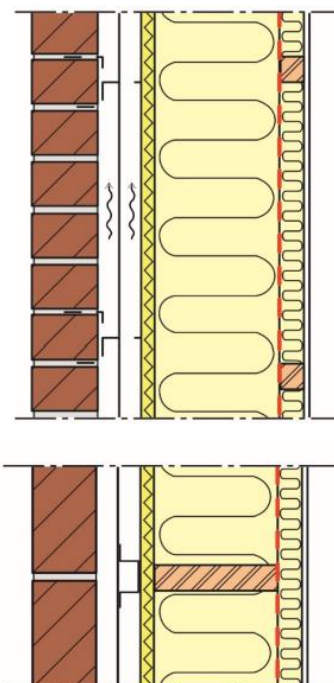
(Vinha 2019, 9-10.)



Kriittiset kohdat

Kuva 14. Tiiliverhotun puurankaseinän kriittiset kohdat kosteusteknisen toiminnan kannalta (Vinha 2019, 9).

Yli 10 m korkea seinä



Kuva 15. Yli 10 m korkea tiiliverhottu puurankaseinä (Vinha 2019,10).

6 Johtopäätökset

Ilmastonmuutoksen täysin varma ennakointi on mahdotonta, mutta useiden eri tutkimusten ja skenaarioiden valossa ilmastonmuutos kuitenkin etenee koko ajan ja sen vaikutukset tuntuvat koko ajan enemmän myös Suomessa.

Rakentamisen näkökulmasta tämä aiheuttaa muutostarpeen rakennustapoihin ja enenevässä määrin ilmastonmuutoksen vaikutuksen huomioimista jo rakennuksen suunnitteluvaiheessa.

Kaikilla sään ääri-ilmiöillä, kuten tulvilla, myrskyillä ja rankkasateilla on vaikutus rakennettuun ympäristöön ja rakentamiseen (Rakennuslehti 2008).

Rakentamisen kannalta suurimman ongelman vaikuttaisi aiheuttavan lisääntynyt sateisuus ja kosteus. Kesäisin saamme todennäköisesti aiempaa rankempia sateita, vaikkei kesän sademäärät ainakaan lähivuosikymmeninä näyttäisi vielä räjähdysmäisesti nousevankaan (Ilmasto-opas 2017). Julkisivut ovat kovilla etenkin lisääntyvien viistosateiden takia. Sateiden voimistuminen ja lisääntyminen näyttäisi ajoittuvan etenkin talvikauteen (Ilmasto-opas 2017).

Kosteus rakenteissa siirtyy kapilaarisesti, painovoimaisesti, konvektion tai diffuusion vaikutuksesta (Autio 2016, 7). Suurin tekijä materiaalien ja rakenteiden vaurioitumisessa on sääolosuhteet. Sade aiheuttaa vaurioita etenkin julkisivujen nurkkiin ja rakennusten yläosiin. Tulevaisuudessa viistosateiden lisääntyminen vaikuttaa kuitenkin myös siihen, että yhä laajempi ala on alttiimpi kosteusvaurioille. (Autio 2016, 8.)

Betonirakenteet

Betonijulkisivut ovat erityisen alttiina viistosateelle, erityisesti rakennusten etelä- ja länsipuolen seinät. Ilmastonmuutoksen edetessä viistosade alkaa kuitenkin enenevässä määrin rasittaa kauttaaltaan rakennuksen julkisivuja. (Rakennuslehti 2020.)

Betonijulkisivujen kohdalla merkittävimmät toimenpiteet ilmastonmuutoksen vaikutusten minimoimiseksi ovat:

- Kuntotutkimuksen suorittaminen hyvissä ajoin.

- Julkisivujen mahdollinen pinnoittaminen
- Sadetakkirakenteen käyttäminen
- Jos tilanne julkisivun rapautumisen kanssa on jo paha, voidaan joutua uusimaan elementtien pintakuori.
- Suositetaan vikasietoisia ratkaisuja ja rakenteita
- Perinteiset suojausmenetelmät, kuten erilaiset räystäät ja katokset vähentävät rakenteen sadealtistumista.
- Julkisivurakenteiden peseminen kesäisin homekasvuston poistamiseksi

(Rakennuslehti 2020.)

Vesikatto

Lisääntyvät rankkasateet vaativat vesikatoilta yhä toimivampaa vedenpoistojärjestelmää.

Vesikattojen kohdalla tärkeimmät toimenpiteet ovat:

- Vesien ohjaaminen pois katolta hallitusti
- Vaihtoehtoina esimerkiksi kattokaivot
- Käytettäessä kattokaivoja, vedenpoistoalueita oltava riittävän monta
- Leveämmät räystäät suojaavat rakennusta paremmin viistosateilta
- Katon riittävä kaltevuus katemateriaalin mukaan

(Ympäristöministeriö 2020, 41–44.)

Julkisivut

Julkisivut altistuvat kaikista eniten viistosateelle. Julkisivujen tehtävä on suojella rakenteita ja estää haitallisen kosteuden ja sateen tunkeutuminen rakenteisiin. Ulkoverhous on suunniteltava myös niin, että sinne tunkeutunut kosteus pääsee haihtumaan pois rakenteita vaurioittamatta. Jos kyseessä on tiivis julkisivumateriaali, kuten lasijulkisivut tai saumatut metallijulkisivut, vesivuotojen mahdollinen tunkeutuminen liittymien kautta ja niiden poisjohtaminen otetaan huomioon suunnittelussa ja toteutuksessa. Jos rakenteen kuivumista ei ole varmistettu millään muulla keinoin, takana on oltava tuuletusvälit sekä tuuletusraot. (Ympäristöministeriö 2020, 39.)

Julkisivujen vaurioita voidaan minimoida seuraavilla toimenpiteillä:

- Ulkomaalausten ja puuverhousien käyttöä lyhentäminen tai huoltovälin lyhentäminen
- Erilaiset räystäät ja katokset suojaavat julkisivuja
- Betonijulkisivujen pesu
- Sadetakkirakenteen toteuttaminen oikein
- Riittävän tiheä kuntokartoitus julkisivurakenteille
- Puuverhousien pohjakäsittely jo tehtaalla

Lisäksi mineraalivillan päälle tehtävä eristerappaus on riskirakenne.

Rappauksen halkeamista kosteus pääsee imeytymään syvälle rakenteisiin. Ongelmaksi muodostuvat varsinkin elementtien liitoskohdat. (Rakennuslehti 2021.) Juha Vinha (Rakennuslehti 2021) suosittelee käyttämään vikasietoisempia menetelmiä. Tällainen olisi hänen mukaansa esimerkiksi rappauslevyn päälle tehtävä rappaus.

Puutalojen verhousmateriaaliksi on olemassa nykyään myös kestävämpiä ratkaisuja, tällainen on esimerkiksi accoya-puu (Rakennustaito 2018). Accoya-puun luvataan olevan huoltovapaa, säänkestävä ja halpa ylläpitää. Puun raaka-aineena on mänty, joka kyllästetään väkevällä etikkaliuoksella eli asetyloidaan. (Novenberg 2022.)

Markkinoilla on tarjolla useiden eri valmistajien kehittyneempiä puunsuoja-aineita ja maaleja. Näissä uusissa pintakäsittelyaineissa homeutumisenesto on otettu huomioon ja lahottajainestoina on lisätty puuverhouksen pohjakäsittelyaineisiin. Puuverhoukset myös käsitellään jo tehtaalla hallituissa olosuhteissa, joka helpottaa työmaan aikataulutusta ja vähentää rakentamisen aikaisia kosteudenhallintariskejä. (Puuinfo 2022, 2-4.)

Puurankaiset seinärakenteet

Lämmöneristyksen lisääminen sisäpuolelle heikentää vaipparakenteen kosteusteknistä toimintaa. Alkuperäinen puurakenne viilenee ja homeen kasvustolle otolliset olosuhteet lisääntyvät. Eniten muutoksia tarvitaan puurakenteisiin vaipparakenteisiin. Rakenteen kosteustekninen toimivuus tulisi ensisijaisesti varmistaa rakenteellisilla ratkaisuilla, tarvittaessa joudutaan

käyttämään esimerkiksi ohjattua koneellista ilmanvaihtoa ja lämmittämiä. (Vinha 2019, 6.)

Juha Vinha (Rakennustieto 2018) linjaa, että kantavien puurakenteiden ulkopuolelle olisi laitettava lämpöä eristävä tuulensuoja. Näin puurakenteet olisivat lämpimämmässä ja kuivemmissä olosuhteissa. Vinha painottaa myös rakennusmateriaalien valinnoissa kiinnitettävän huomiota myös yhä parempaan homeenkestoon.

Puurankaisten seinärakenteiden ratkaisuja:

- Lämmöneristyksen lisääminen rakenteen ulkopintaan
- Homeenkestävät rakennusmateriaalit
- Saumojen, reunojen ja läpivientien tiiveys on varmistettava huolellisesti
- Riittävä ilmanvaihto rakenteiden sisällä
- Asianmukaiset höyry- ja sulkumuovit

Tiiliverhottu puurankaseinä

Tiiliverhotussa puurankaseinässä homehtumisenriski on erityisen suuri.

Tiiliverhoukseen imeytyy kosteutta, joka siirtyy sisäänpäin diffuusiona. (Vinha 2019, 9.)

Tiiliverhotun puurankaseinän ongelmia voi ratkaista esimerkiksi seuraavilla toimenpiteillä:

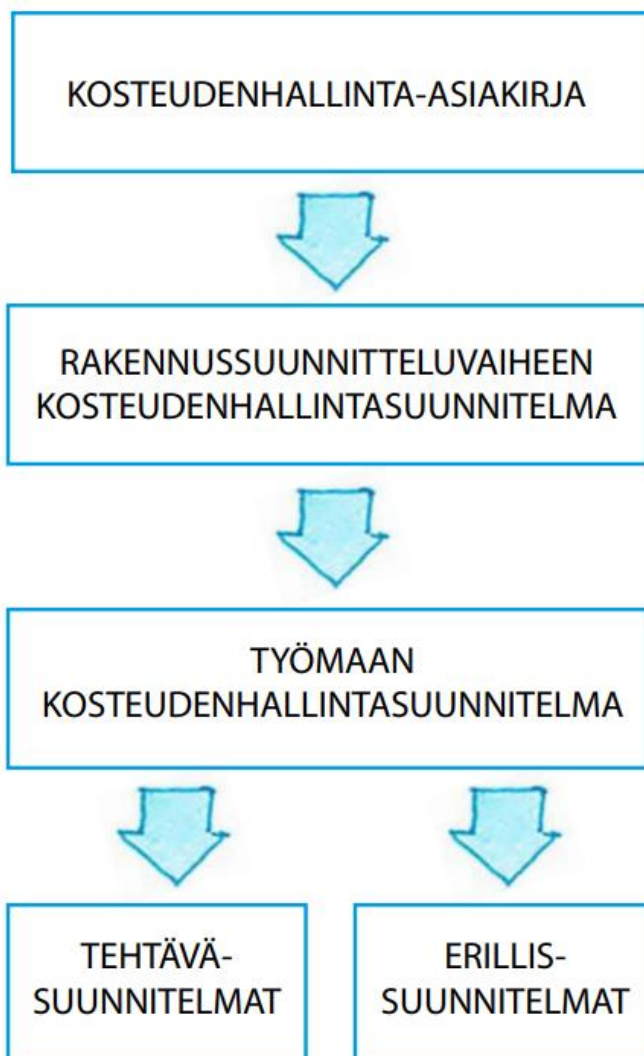
- Tuulensuojalevynä käytettävä erittäin lämmöneristävää ja homehtumatonta materiaalia (esim. 100 mm mineraalivillalevy).
- Käyttää höyrynsulkuna hygrokalvoa
- Sadevedeltä suojaavalla pinnoitteella käsittely EI ole suositeltavaa
- Korkeammassa seinässä toimii sadetakkirakenne, jossa höyrynsulkukerros on tuuletettu molemmilta puolilta

(Vinha 2019, 9–10.)

Rakennusolosuhteet

Rakennusaikana kosteusrasitus voi nousta suureksi, ja ilmastonmuutos ei tule ainakaan helpottamaan tätä asiaa, vaan kosteusrasitus on tulevaisuudessa yhä suurempi. Kosteudenhallinnassa auttaa kohteen eri vaiheissa tehtävä huolellinen kosteudenhallintasuunnittelu (kuva 16). Parhaimpaan lopputulokseen yleensä päästään, kun suunnitelmissa tuodaan selkeästi esille mitä tehdään, jotta tavoite saavutetaan. Kosteudenhallinta työmaalla on osa laadunhallintaa ja työsuunnittelua. Työmaan kosteudenhallinnan tavoitteena etenkin on suojata rakennusmateriaalien ja tuotteiden kastuminen ja varmistaa materiaalien kuivuminen aikataulun puitteissa. (Rakennusteollisuus 2015, 19–21.)

Rakennusmateriaalien suojauksessa työmaalla tulee keskittyä kaikista alttiimpiin materiaaleihin, kuten puumateriaaleihin ja villaan. Suojaustoimenpiteissä täytyy ottaa huomioon materiaalien ominaisuudet, mitkä materiaalit itse vaurioituvat kosteudesta ja mitkä välillisesti aiheuttavat kosteusvaurioita. Suojaustoimenpiteiden täytyy olla riittävät, jotta kaikki rakenteet saadaan suojattua asian mukaisesti ja toimivalla tavalla. (Rakennusteollisuus 2015, 23.)



Kuva 16. Kosteudenhallinta-asiakirjat hankkeen eri vaiheessa (Rakennusteollisuus 2015, 19).

7 Pohdinta

Ilmastonmuutoksen vaikutuksesta, sen hillitsemisestä ja siihen sopeutumisesta löytyy valtava määrä tietoa. Maailmanlaajuisesti sekä alueellisesti aihetta on tutkittu todella monipuolisesti ja monesta eri näkökulmasta. Tutkijat haluavat selvittää mahdollisimman tarkasti, mitä tulevaisuus tuo tullessaan ja antaa kehykset luoda kestävämpää infrastruktuuria tutkimustulosten pohjalta. Ilmastomallit ja skenaariot antavat meille mahdollisuuden varautua tulevaan ja sopeutumaan muuttuvaan ilmastoon.

Tietoa etsiessä ja tutkiessa voi hyvin havaita, että Suomessa ilmastonmuutokseen suhtaudutaan erityisen suurella painoarvolla. Hallitus on laatinut ilmastolain, jonka tarkoituksena on ehkäistä pahimpien ilmastoskenaarioiden toteutuminen. Näin vakavaa suhtautumista ei valitettavasti ole joka puolella maailmassa. Ilmastonmuutosta ei kuitenkaan ole mahdollista pysäyttää täysin, joten toimenpiteet siihen sopeutumiseen ovat myös tarpeellisia. Ilmastomuutos tuo rakentamiseen omat haasteensa joihin yhteiskunnan on sopeuduttava tehokkaimmilla mahdollisilla keinoilla toimivan infrastruktuurin ylläpitämiseksi.

Ratkaisevaksi tekijäksi torjunnassa ilmastonmuutosta vastaan näyttäisi osoittautuvan kosteusriskien arviointi ja niihin varautuminen. Lisääntyvä kosteus ja sen aiheuttama rasitus ja vaurioriski rakenteille tulee lisääntymään lähivuosisikymmeninä. Ilmastonmuutoksen tuomien vaikutuksien kanssa joudutaan työskentelemään yhä aktiivisemmin ja joudutaan etsimään ratkaisuja näihin ongelmiin. Tietoa ilmastonmuutoksesta on jo jonkun verran sisällytetty nykyisiin koulutusohjelmiin, mutta tulevaisuudessa sen määrää voi olla tarpeen lisätä. Tulevaisuuden ammattilaiset tulisi kouluttaa tietoisiksi muuttuvasta ilmastosta ja sen vaikutuksista tulevaisuuden rakentamiseen.

Ilmastonmuutoksen vaikutuksiin voidaan varautua, ja se on hyvä tehdä mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Näin rakennuskanta pystytään pitämään terveenä. Yhtenä asiana korostuu huoltovälin ja kunnostustarpeen uudelleen arviointi. Joudutaanko rakenteita mahdollisesti tarkastamaan ja huoltamaan useammin tulevaisuudessa? Millaista ammattitaitoa ja tietoa tämä vaatii?

Lähteet

- Autio 2016. Levyrakenteisen julkisivun vikasietoisuuden parantaminen rantarakentamisessa. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Insinööriyö.https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/107298/Autio_Henrik.pdf;jsessionid=7004BB443CFC10A10D6224962AD4C172?sequence=1. 06.06.2022
- Ilmastokatsaus.fi 2021. Artikkele. Suomen lumiolosuhteet muutoksessa. Ilmastokatsaus. 19.3.2021
https://issuu.com/fmi-ik/docs/ilmastokatsaus_2021_helmikuu/8. 01.06.2022
- Ilmasto-opas.fi 2020. Suomen ilmasto on lämmennyt.
<https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/suomen-ilmasto-on-lammennyt>. 05.05.2022.
- Ilmasto-opas.fi 2017. Sademäärät kasvavat ja rankkasateet voimistuvat.
<https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/sademaarat-kasvavat#references>. 6.6.2022.
- Ilmatieteen laitos 2022. Kysymyksiä ja vastauksia ilmastonmuutos.
<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmastonmuutoskysymyksiä#0>. 15.06.2022.
- Ilmatieteen laitos 2022. Maailmanlaajuisiin CMIP6-ilmastomalleihin perustuvia ilmastonmuutosskenaarioita.
https://assets.ctfassets.net/hli0qi7fbbos/1sJBYdUbdwx6uB1Ldnfc/s/ad144a51396826ff229debbfc951a09b/ilmastonmuutosskenaariot_cmip6_verkko.pdf 28.6.2022.
- Ilmatieteen laitos 2014. Suomen keskilämpötila noussut jo yli kaksi astetta. 22.12.2014.
<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/tiedote/40085895>. 23.7.2022.
- Ilmatieteen laitos 2019. Ilmastonmuutos ei juuri voimista tuulia Suomessa, mutta lännenpuoleiset tuulet yleistyvät. 9.9.2019.
<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/tiedote/1127449386>. 9.7.2022
- Ilmatieteen laitos 2020. Ilmastonmuutoksen ei ennusteta lisäävän tuulisuutta, myrskytuhot voivat silti lisääntyä. 29.10.2020
<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/tiedote/YVGuiKSAT0gsCiTtWN00P> 15.06.2022.
- Ilmatieteen laitos 2009. Arvioita Suomen muuttuvasta ilmastosta

- sopeutumistutkimusta varten. ACCLIM-hankkeen raportti.
2009:4.<https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/15711/2009nro4.pdf?sequence=1>. 26.06.2022.
- 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. Raportteja 2020:6.
https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/321164/FMI-raportteja-RASMI-2020_v2.pdf?sequence=4&isAllowed=y.
06.07.2022.
- Mäkitalo M. 2012. Diplomityö. "Puurunkoisten ulkoseinien kosteustekninen toimivuus nykyisessä ja tulevaisuuden ilmastossa".
<https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/20999/Makitalo.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Novenberg 2022. <https://novenberg.fi/accoya/>
- Pakkala T. 2019. Ilmastonmuutos vaikuttaa julkisivujen suunnitteluun. Rakenna oikein.fi
<https://www.rakennaoinkein.fi/ilmastonmuutos-vaikuttaa-julkisivujen-suunnitteluun-150248/uutiset.html>. 06.07.2022
- Pakkala T. 2020. Suomen olemassa oleva rakennuskanta joutuu kovalle ilmastonmuutoksen vaikutuksesta. Betoni.
https://betoni.com/wp-content/uploads/2020/05/BET2002_84-91.pdf
01.07.2022.
- Puuinfo 2022. Kestävät puujulkisivut.
<https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/06/Kest%C3%A4v%C3%A4t-puujulkisivut.pdf> 11.09.2022.
- Rakennuslehti 2021. Kestäkö eristerappausilmastonmuutosta vai onko se nykyrakentamisen pahin riskirakenne. 25.10.2021.
<https://www.rakennuslehti.fi/2021/10/kestaako-eristerappaus-ilmastonmuutosta-vai-onko-se-nykyrakentamisen-pahin-riskirakenne/>. 26.06.2022.
- Rakennuslehti 2008. Rakennusalalle ilmastonmuutos tuo enemmän mahdollisuuksia kuin uhkia. 7.2.2008.

<https://www.rakennuslehti.fi/2008/02/rakennusalalle-ilmastonmuutos-tuo-enemman-mahdollisuuksia-kuin-uhkia/>
02.06.2022.

Pakkala T. 2020. Nykyinen rakennuskanta kovilla ilmastonmuutoksen vuoksi. Rakennustekniikka.

<https://www.ril.fi/fi/rakennustekniikka/nykyinen-rakennuskanta-kovilla-ilmastonmuutoksen-vuoksi.html?tagged=Asiantuntijajutut>
09.07.2022.

Rakennuslehti 2020. Julkisivun betonissa muhii näkymätön riski. Oikein toimien taloyhtiö lykkää ison remontin kauas tulevaisuuteen. 24.03.2020.

<https://www.rakennuslehti.fi/2020/03/julkisivun-betonissa-muhii-nakymaton-riski-oikein-toimien-taloyhtio-lykkaa-ison-remontin-kauas-tulevaisuuteen/> 09.07.2022.

Talonrakennusteollisuus 2016. Kuivana rakentaminen – opas rakentamisen rakentamisen kosteudenhallintaan.

[.https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/laatu/2016/kuivana_rakentaminen_opas_2016.pdf](https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/laatu/2016/kuivana_rakentaminen_opas_2016.pdf)

Vinha, J. 2019. Ilmastonmuutos- vaikutukset rakentamisen suunnitteluun ja rakentamiseen. Lounais-Suomen rakennuspäivä 8.2.2019. Turku.

https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/koulutus--ja-esitysaineistot/2019/2019-02-08_ilmastonmuutos-rakentamisessa_lounais-suomen-rakennuspaiva.pdf 6.7.2022.

Vinha J. 2021. Suomalaisten talot on suunniteltu entisaikojen säiden perusteella, ja siitä voi tulla ongelma – kehitys uhkaa trendikkäitä

mustia taloja. 13.07.2022. <https://yle.fi/uutiset/3-12019062>.
11.09.2022.

VTT Research. Artikkel. ”Carbonide tähtää hiilinegatiiviseen

betoniteknologiaan”. <https://www.vttresearch.com/fi/uutiset-ja-tarinat/carbonaide-tahtaa-hiilinegatiiviseen-betoniteknologiaan>.
29.4.2022.

VTT 2004. Ilmastonmuutoksen vaikutukset rakennettuun ympäristöön. VTT Tiedotteita 2227.

<https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/2004/T2227.pdf> 29.07.2022.

Ympäristöministeriö 2020. Ympäristöministeriön ohje.

Rakennusten kosteustekninen toimivuus. 28.02.2022.

file:///C:/Users/FIMM40142/Downloads/Ohje_Rakennusten%20kosteustekninen%20toimivuus%202020.pdf 12.08.2022

Ympäristöministeriö 2022. Ilmastolaki. 14.06.2022.

<https://ym.fi/documents/1410903/0/Ilmastolaki+s%C3%A4%C3%A4d%C3%B6skokoelma.pdf/65af5fad-9e66-6370-6ebb-0e5df592ecac/Ilmastolaki+s%C3%A4%C3%A4d%C3%B6skokoelma.pdf?t=1655447628691>. 02.08.2022.

