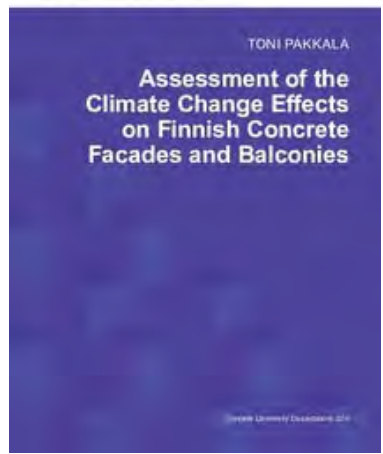




Vastatoimet rakennusten kasvavaan säärasitukseen: materiaalit, rakenteet ja kunnossapitotavat

*Rakennetut ympäristön muutosvoimat & -ilmiöt
Hybriditilaisuus 11.4.2024
Toni Pakkala, TkT*





<https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-1423-1>



14.1.2020



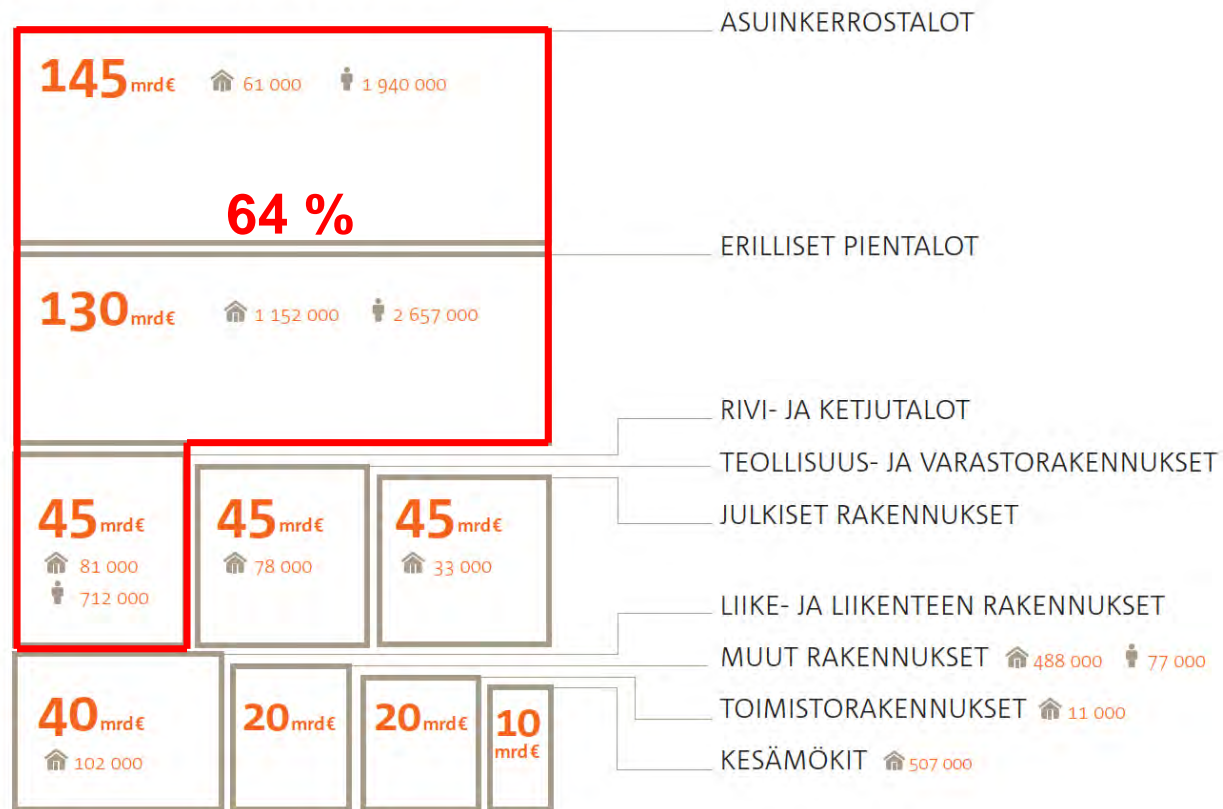
<https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-2438-4>



<https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-278-7>

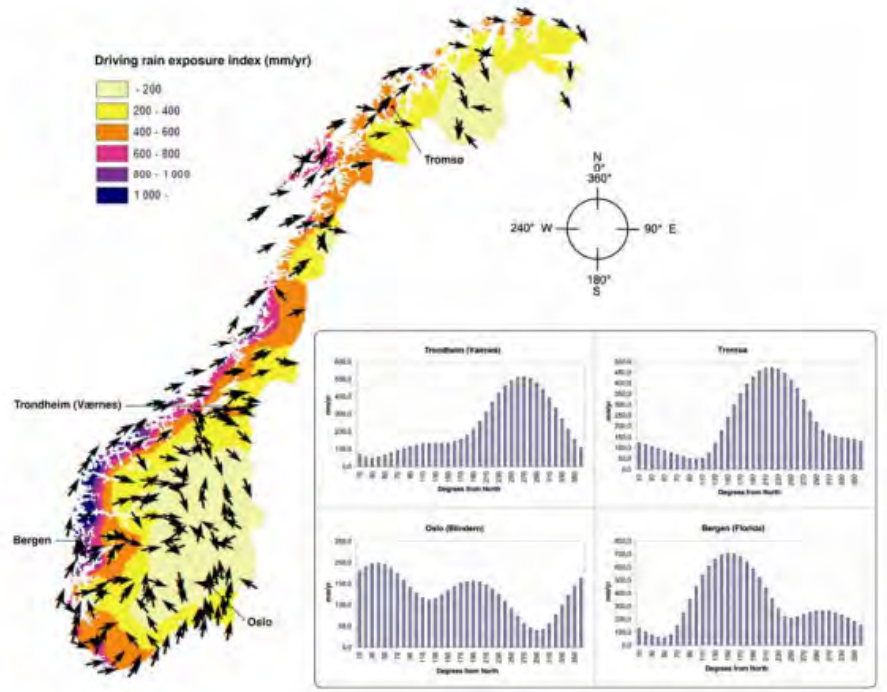
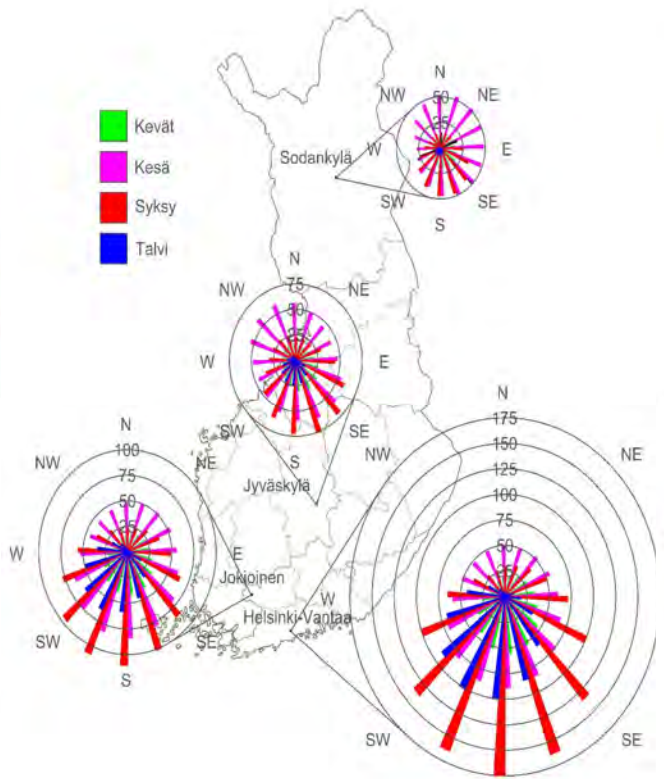
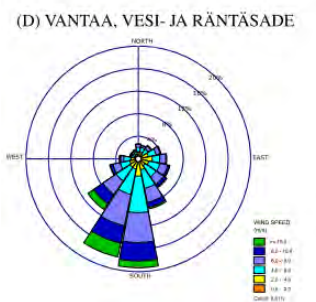
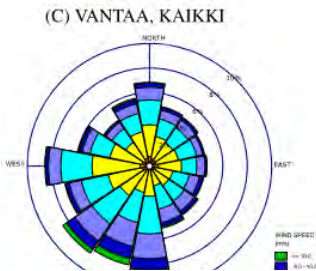
Rakennuskanta

RAKENNUSKANNAN ARVO 500 MRD €



ROTI. 2019. Rakennetun omaisuuden tila –
raportti. <http://www.roti.fi>

Rasitusolot

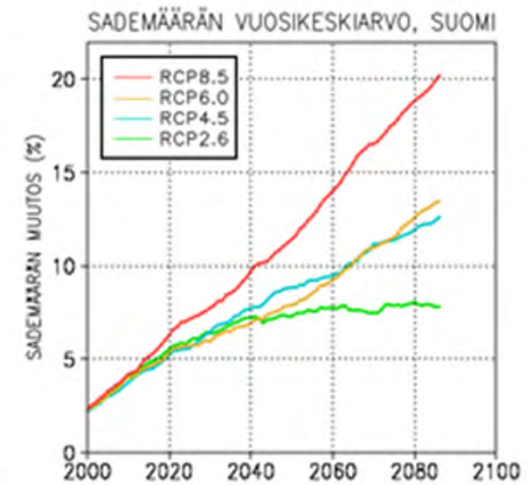
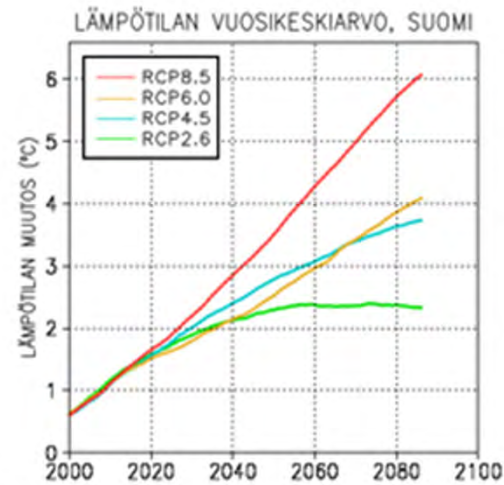
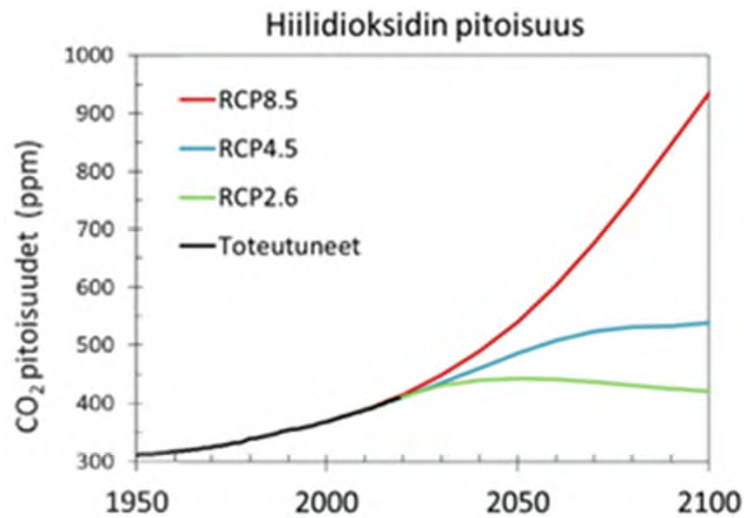


Jylhä, K., Ruosteenoja, K., Tietäväinen H., et al. 2011. Rakennusfysiikan ilmastollisten testivuosien sääaineistot nykyisessä ilmastossa ja arviot tulevaisuuden muutoksista. Väiliraportti. Ilmatieteen laitos. Helsinki. 6 s. 20 liites.

Lemberg, A.M., Lahdensivu, J., Köliö, A., Pakkala, T. 2019. Eristerappausjärjestelmien kuntotutkimusohje [Guideline for Condition Investigation of ETICS]. Julkisivuyhdistys ry. Available: www.julkisivuyhdistys.fi/oppaat. 108 p., 2 app.

Lisø, K.R. 2006. Building envelope performance assessments in harsh climates: Methods for geographically dependent design. Trondheim, Norwegian University of Science and Technology. Doctoral Theses at NTNU 185. 187 p.

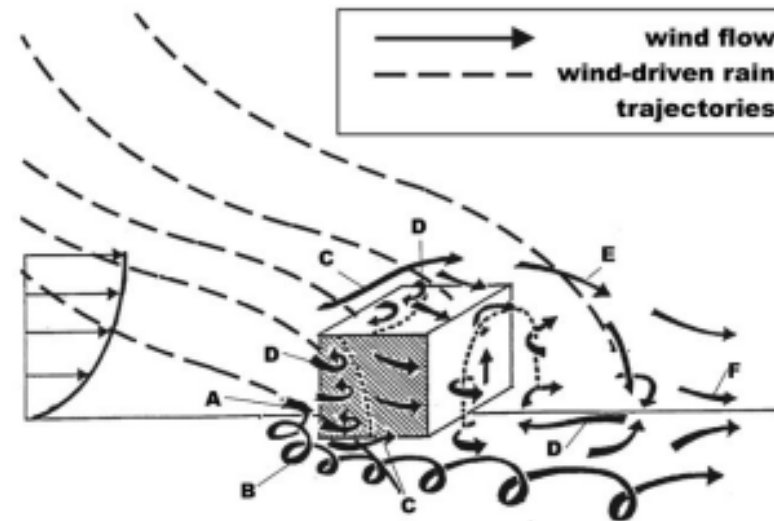
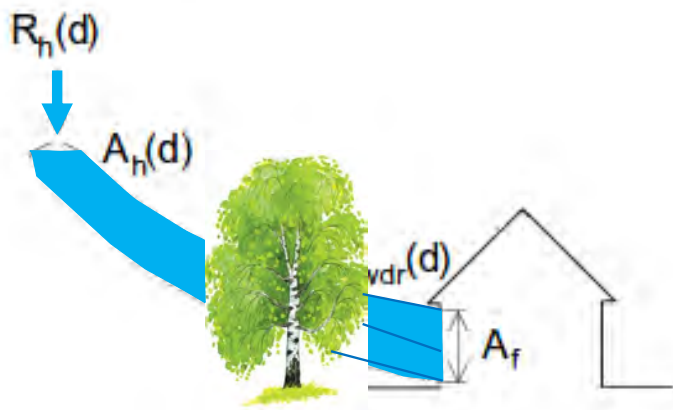
Ilmastonmuutosennusteet



Jylhä, K., Ruosteenoja, K., Bööck, H., Lindfors, A., Pirinen, P., Laapas, M., Mäkelä, A., 2020. Nykyisen ja tulevan ilmaston säätietojen rakennusfysikaalisia laskelmia ja energia-laskennan testivuotta 2020 varten. Ilmatieteen laitos, Raportteja 2020:6. DOI: <https://doi.org/10.35614/isbn.9789523361287>

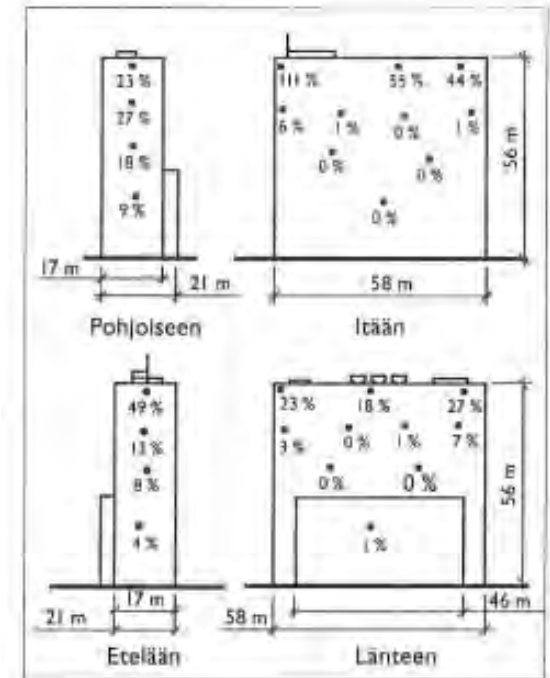
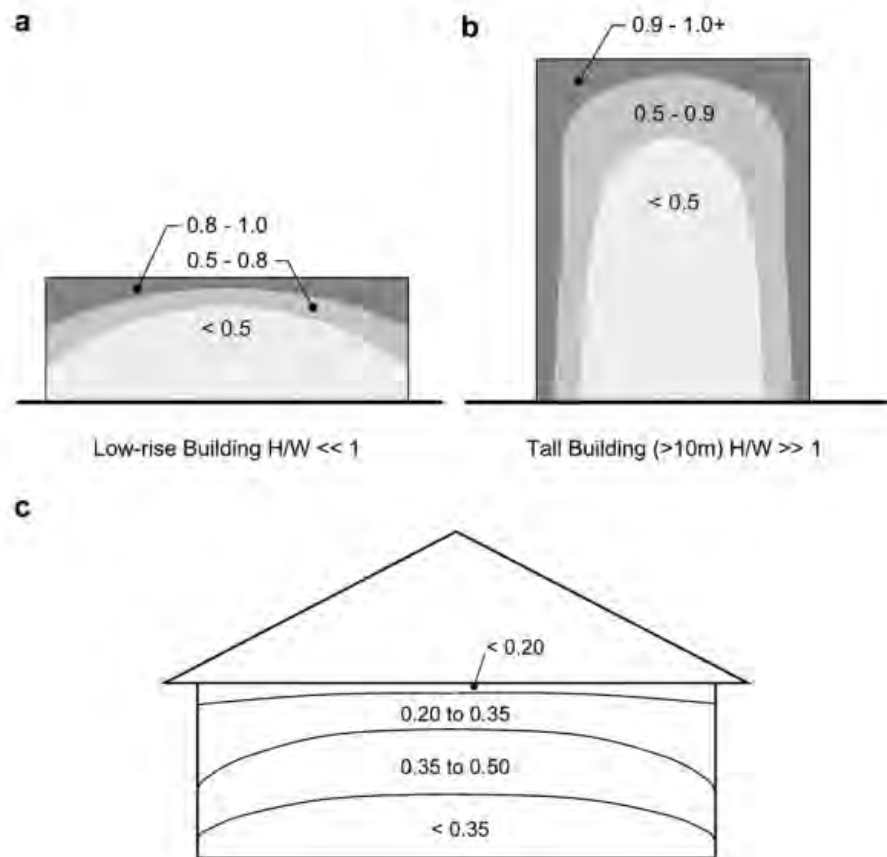
Ruosteenoja, K., 2013. Maailmanlaajuisiin ilmastomalleihin perustuvia lämpötila- ja sademääräskenaarioita. Sektoritutkimusohjelman ilmastoskenaariot (SETUKLIM) 1.osahanke. Ilmatieteen laitos, Helsinki.

Rasitusolot - viistosade



Blocken, B., Carmeliet, J. 2004. A review of wind-driven rain research in building science. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Volume 92, Issue 13. Pp. 1079-1130.

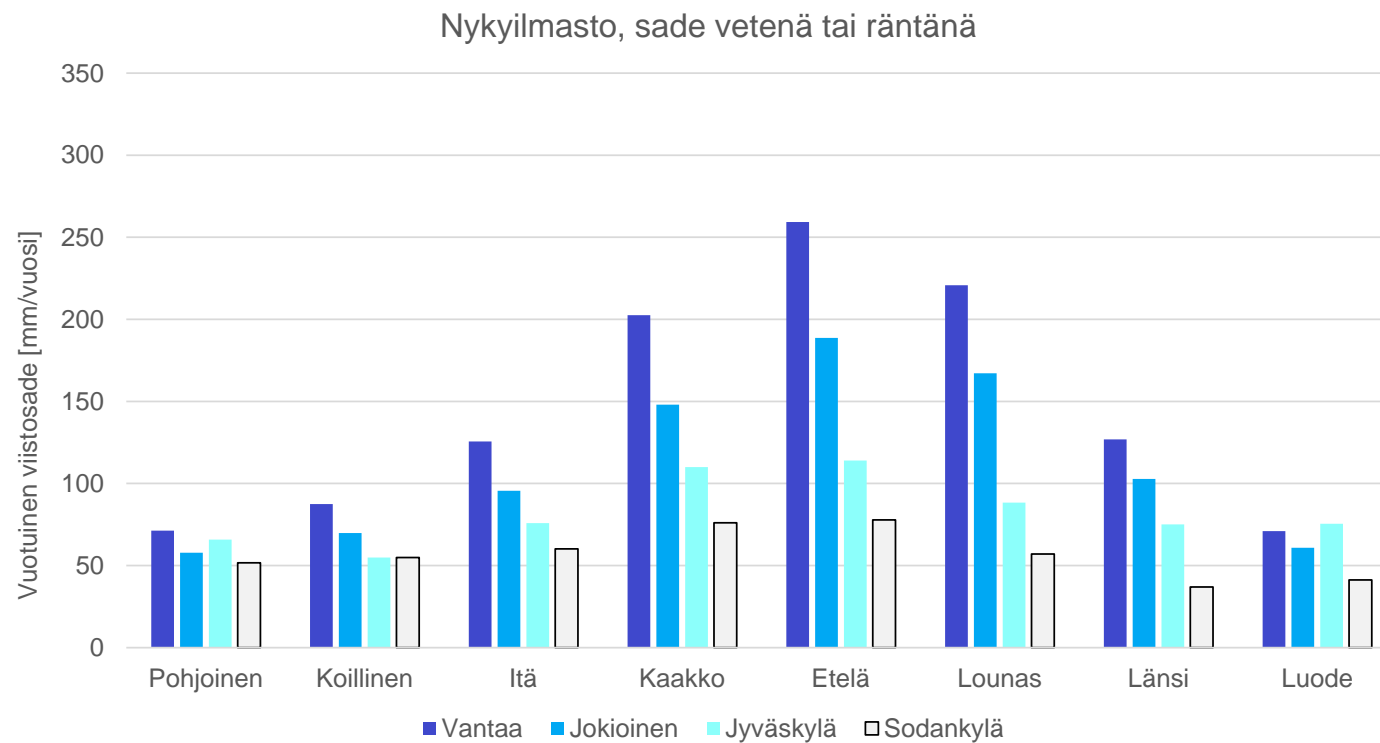
Rasitusolot - viistosade



Blocken, B., Carmeliet, J. 2010. Overview of three state-of-the-art wind-driven rain assessment models a comparison based on mod theory. Building and Environment, Volume 45 (2010). Pp. 691–703.

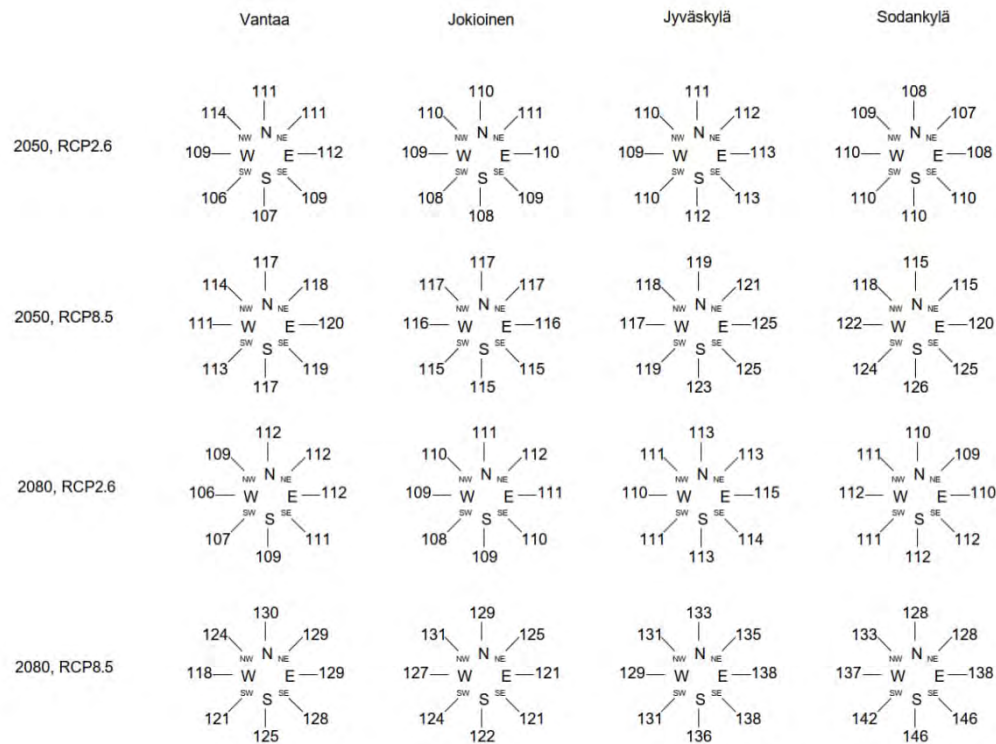
Jerling, A., Schechninger, B. 1983. Fogars beständighet. Byggeforskningsrådet. Rapport R89:1083. Stockholm. 172 p. (in Swedish)

Viistosademäärät, nykyilmasto



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

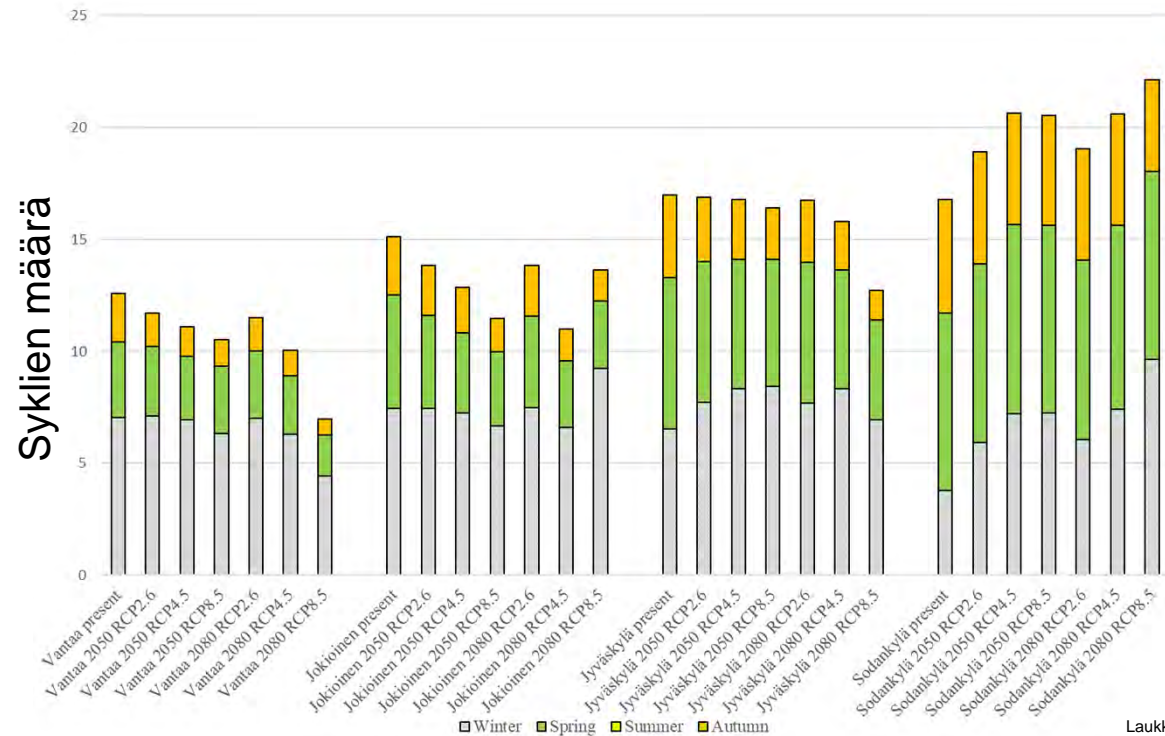
Viistosademäärän suhteellinen kasvu



Laukkarinen et al. 2022. Vaipparakenteiden rakennusfysikaalisen toimivuuden ja huonetilojen kesäaikaisen jäähdytystehontarpeen mitoitusolosuhteet – RAMI-hankkeen loppuraportti. Tampereen yliopisto, Rakennustekniikka, Tutkimusraportti 3. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-2438-4>

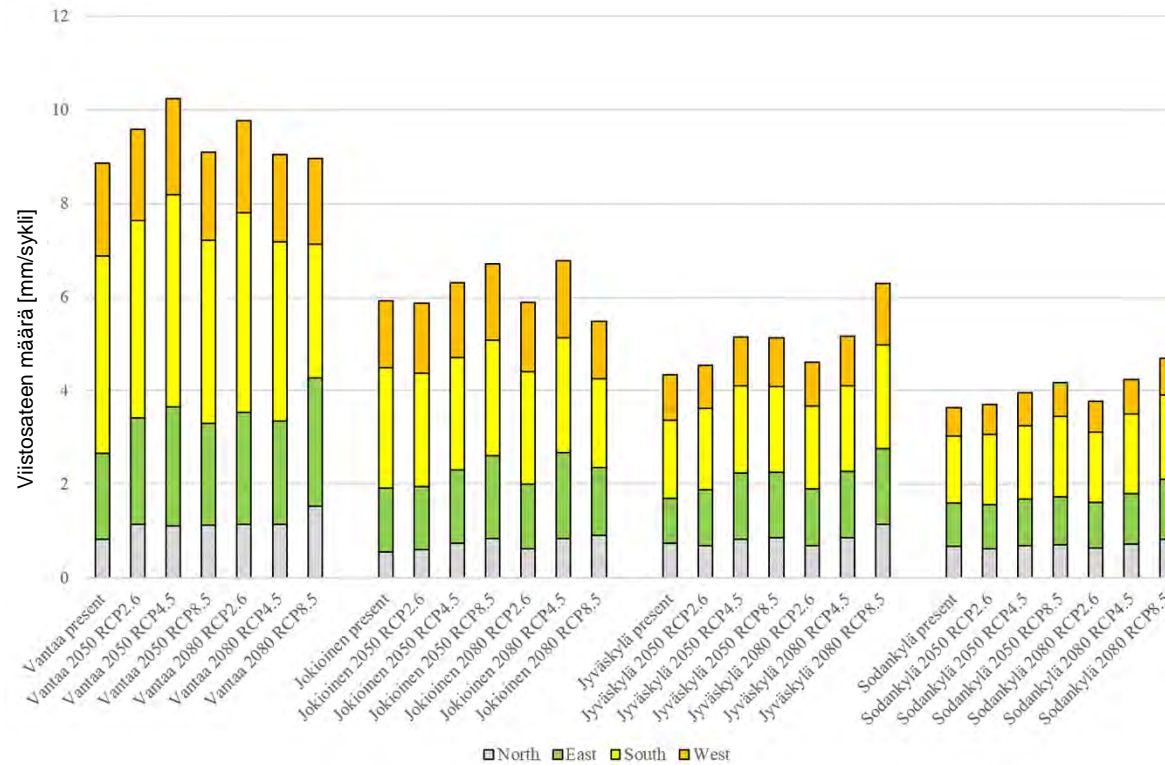
Rasitusolot

Ilmastonmuutoksen vaikutus sateen jälkeisten (max. 72 h) jäätymissulamissykliä (-5 °C) määrään



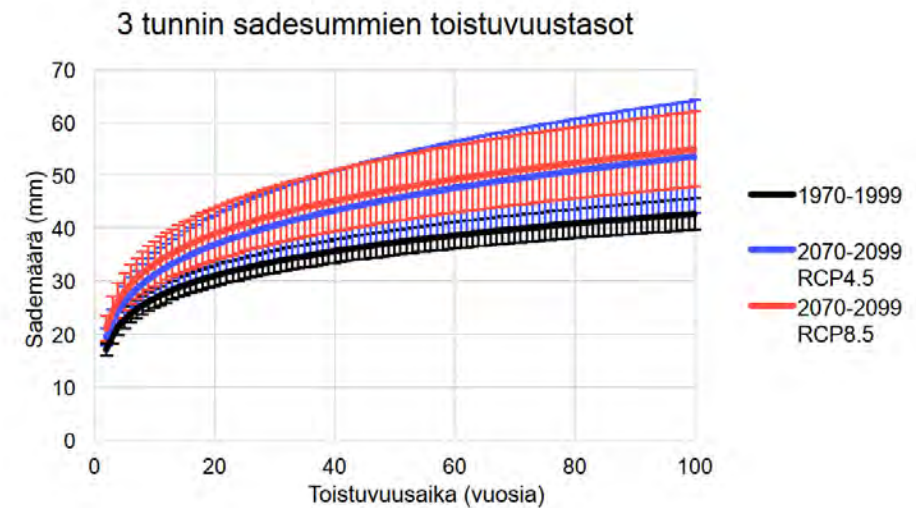
Rasitusolot

Ilmastonmuutoksen vaikutus viistosademäärään max. 72 h ennen yksittäistä jäätymissulamissykliä (-5 °C)



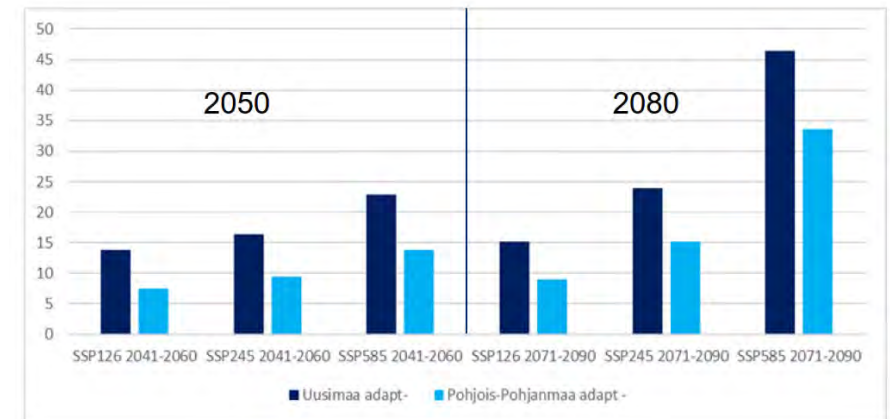
Ääriolosuhteet

- Rankkasateiden (≥ 20 mm/h tai ≥ 50 mm/vrk) todennäköisyys kasvaa tulevaisuuden ilmastossa huomattavasti
- Hyvin korkeiden lämpötilojen todennäköisyys kasvaa huomattavasti
- Helleaaltopäivät lisääntyvät huomattavasti
- Myrskytuulien esiintyvyys ei juurikaan muutu
- Ankarien pakkaspäivien määrä vähenee huomattavasti



Mäkelä, A., Lehtonen, I., Ruosteenoja, K., Jylhä, K., Tuomenvirta, H., Drebs, A. 2016. Ilmastonmuutos pääkaupunkiseudulla. Ilmatieteen laitos. Raportteja, No 2016:8

Helleaaltopäivien lukumäärä



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. Rakenusten kosteusvauriot ja ylläpitäminen muuttuvassa ilmastossa – RAIL. Valtioneuvostonselvitys- ja julkaisutoiminnan julkaisusarja 2023:2. 192 s. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-278-7>

Kosteusteknisten riskirakenteiden tunnistaminen

- Käytetty Suomalaista homemallia (saatavissa: <https://research.tuni.fi/rakennusfysiikka/suomalainen-homemalli/>)
- Laskenta WUFI-2D (4.3) –laskentaohjelmalla hyödyntäen RASMI-hankkeen säädatatietoja
- Simuloitu 30 vuoden pituisia aikajaksoja nyky- sekä tulevaisuuden ilmastossa (RCP8.5 2050, RCP4.5 2080, RCP8.5 2080)
- Laskettu kunkin 30 laskentavuoden maksimihomeindeksi
- Arvioitu todennäköisyyttä homeenkasvulle nykyilmastossa sekä lisäksi ilmastonmuutoksen vaikutusta vertailemalla tuloksia nyky- ja tulevaisuuden ilmastoissa

Kosteusteknisten riskirakenteiden tunnistaminen

Homeindeksin vuoden maksimi-arvo [M] 30-vuoden tarkastelussa	Riski homeenkasvulle rakenteessa	Värikoodi
Mediaani > 3	Erittäin merkittävä	
Ylin 75 persentiili > 2	Merkittävä	
Mediaani > 2	Kohtalainen	
Ylin 75 persentiili > 1	Vähäinen	
Mediaani > 1	Erittäin vähäinen	
Mediaani < 1	Epätodennäköinen	

Rakenne	Nykyilmasto	Tulevaisuuden ilmasto
Tiilimuurattu puurunkoinen pientalo, tuuletusvälissä laastipurseita, tuulensuoja erittäin homehtumisherkkä (HHL1)	 	
Tiilimuurattu puurunkoinen pientalo, tuuletusvälissä laastipurseita, tuulensuoja homehtumisherkkä (HHL2)	 	
Tiilimuurattu puurunkoinen pientalo, tuuletusvälissä laastipurseita, tuulensuoja erittäin homehtumisherkkä (HHL1) (suojattu tuulensuojavillalla)	 	
Tiilimuurattu puurunkoinen pientalo, tuuletusvälissä laastipurseita, tuulensuoja homehtumisherkkä (HHL2) (suojattu tuulensuojavillalla)	 	
Tiilimuurattu puurunkoinen pientalo, tuuletusväli avoin, eristepaksuus 200 mm tuulensuoja homehtumisherkkä (HHL1)	 	
Tiilimuurattu puurunkoinen pientalo, tuuletusväli avoin, eristepaksuus 100 mm tuulensuoja homehtumisherkkä (HHL1)	 	
Tiilimuurattu puurunkoinen pientalo, tuuletusväli avoin, eristepaksuus 200 mm tuulensuoja homehtumisherkkä (HHL2)	 	
Tiilimuurattu puurunkoinen pientalo, tuuletusväli avoin, eristepaksuus 100 mm tuulensuoja homehtumisherkkä (HHL2)	 	
Tiili-villa-tiili/betoni, matalat kerrostalot, ei tuuletusväliä	 	
Tiili-villa-tiili, matalat kerrostalot eristepaksuus 250 mm, tuuletusvälissä laastipurseita	 	
Tiili-villa-tiili, matalat kerrostalot eristepaksuus 60-100mm, tuuletusvälissä laastipurseita	 	
Tiili-villa-tiili, pientalot, ei tuuletusväliä	 	
Hyvin suurella vesihöyrynvastuksella pinnoitettu betonisandwich-rakenne ilman tuuletusuria	 	
Betonisandwich-rakenteet ilman tuuletusuria, vedenimuominaisuuksilta hyvin voimakkaat betonit(esim. pesubetoni)	 	
Betonisandwich-rakenteet heikoilla tuuletusurilla, vedenimuominaisuuksilta hyvin voimakkaat betonit(esim. pesubetoni)	 	
Betonisandwich-rakenteet ilman tuuletusuria, vedenimuominaisuuksilta voimakkaat betonit (esim. C20/25)	 	
Tuulettumaton purulla eristetty omakoti talo huonosti vesihöyryä läpäisevällä maalilla	 	

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 ylläpönnäminen muuttuvassa ilmastossa – RAIL. Valtioneuvostonselvitys- ja julkaisutoiminnan julkaisusarja 2023:2. 192 s. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-278-7>

Yhteenveto kosteus- ja mikrobivaurioiden lisääntymisestä tulevaisuuden ilmastossa

- Suurin osa Suomessa yleisesti käytettävistä ulkoseinärakenteista toimii rakennusfysikaalisesti hyvin sekä nykyisessä että tulevassa ennustetussa ilmastossa
 - Jos toimii nykyilmastossa, lähtökohtaisesti toimii myös tulevaisuuden ilmastossa
- Hyvän rakennusfysikaalisen toimivuuden edellytyksiä ovat
 - ulkoverhouksen takana oleva avoin tuuletusrako
 - viistosadetta heikosti läpäisevä julkisivupinta
 - heikosti homehtuvat materiaalit
- Korkean homehtumisriskin rakenteita yhdistää mm. seuraavat piirteet:
 - päästävät viistosadetta lävitseen ja pidättävät vettä rakenteen huokosverkostossa (tiili, läpäisevä betoni)
 - rakenteen tuuletus on heikkoa
 - jonkin rakenneosan homehtumisherkkyysluokka on matala (HHL1)

Julkisivumateriaalien säilyvyys tulevaisuuden ilmastossa

- Huokoisten kiviainespohjaisten materiaalien (betoni, tiili, rappaus) säilyvyysmielessä olosuhteet
 - heikkenevät korroosiovaurioiden kannalta
 - kevenevät pakkasrasituksen kannalta(?)
 - heikkenevät alkalikiviainesreaktion kannalta
 - heikkenevät leväkasvustojen kannalta
- Betonirakenteilla korostuu betonin laatu (huokosrakenne, pakkasenkestävyys, peitepaksuudet)
- Muuratuilla rakenteilla korostuu muurauskivien ja laastin laatu (pakkasenkestävyys) ja tuuletuksen toimivuus
- Kovalle alustalle rapatuilla rakenteilla korostuu rappauksen laatu (pakkasenkestävyys, tartunta) ja halkeilukäyttäytyminen
- Eristerappausjärjestelmillä korostuu rappauksen laadun lisäksi detaljien toimivuus sekä työmaatoteutus
- Puulla korostuvat liitosten ja detaljien toimivuus sekä riittävä huolto, varsinkin maalipinnoitteen kunnossapito
- Lasilla ja metallilla korostuu detaljien ja liitosten toimivuus sekä rakenteiden lämpöliikkeisiin varautuminen ja lämpötilan kesto

Yhteenveto

- Olosuhderasitus on hyvin sijainti- ja suuntariippuvaista
- Viistosaderasitus kasvaa voimakkaasti varsinkin syys- ja talviaikaan, jolloin kuivumisolosuhteet heikot
- Jäätymissulamissyklit vähenevät lähes koko maassa, mutta intensiteetti kasvaa
- Olosuhteissa sisämaa lähestyy rannikkoa ja pohjoinen sisämaata
- Ääriolosuhteiden esiintymistodennäköisyys kasvaa
- Nykyrakenteet toimivat (oikein toteutettuna) myös tulevaisuuden ilmastossa
- Suojaamalla vedeltä ja viistosateelta voidaan vaurioitumisnopeutta hidastaa merkittävästi

Mitä tehdä?

- Panostus laatuun niin korjaamisessa kuin uudisrakentamisessakin
 - **jokainen rakennus ja sen mikroilmasto on erilainen!**
- Kohdistuneiden (länsi-kaakko) rasiusten erityinen huomioon ottaminen:
 - räystäät, parvekelasitus, aluesuunnittelu jne.
 - vain tunnettuja, kestäviä ratkaisuja rasietuimmille alueille / ilmansuunnille
 - vikasietoisuus, ns. sadetakkisuojaus
- Rankkasateista aiheutuvia hulevesitulvia voidaan vähentää
 - mitoittamalla viemärit mitoitus huomattavasti nykyistä suuremmille vesimäärille uusilla alueilla sekä nykyisen hulevesiverkoston peruskorjauksen yhteydessä
 - hulevesien imeytyksellä viheralueille
- Kiinteistöjen pitkän tähtäimen suunnitelmiin panostaminen
 - kuntotutkimukset ajallaan
 - huoltosyklien lyhentäminen



Kiitos!

toni.pakkala@tuni.fi

toni.pakkala@renovatek.fi

[Väitöskirja: http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-1423-1](http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-1423-1)

