



YLÄPOHJARAKENTEET MUUTTUVISSA ILMASTO-OLOSUHTEISSA

Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö
Rakennus- ja yhdyskuntateknikka, insinööri (AMK)

Kevät 2025

Reetta Siippainen

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Tekijä Reetta Siippainen

Työn nimi Yläpohjarakenteet muuttuvissa ilmasto-olosuhteissa

Ohjaaja Miika Rämö (HAMK), Ritva Rissanen (Granlund Oy)

Tiivistelmä

Vuosi 2025

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, miten ilmatoriskien vaikutukset tulisi huomioida yläpohjarakenteissa ja yläpohjavarusteissa. Tavoitteena on tulevaisuudessa hyödyntää tuloksia ilmatoriskikartoituksessa ja suunnittelussa. Työ rajattiin koskemaan harja-, pulpetti- ja tasakattoa. Katemateriaalit rajattiin tiili-, pelti, ja bitumikermikatteisiin sekä viherkattoon. Opinnäytetyössä tarkasteltiin yläpohjan kantavat rakenteet, kosteustekninen toimivuus, vedenpoisto sekä katemateriaalit ja kiinnitys tulevaisuuden ilmasto-olosuhteisiin. Lisäksi lähetettiin kysely rakennesuunnittelijoille ja katemateriaalivalmistajille, jotta saatiin kattava näkemys alalla toimijoilta ilmastonmuutokseen varautumisesta nykypäivänä ja tulevaisuudessa. Tutkimuskysymyksenä oli, miten muuttuvat ilmasto-olosuhteet tulee huomioida yläpohjarakenteissa uudis- ja korjausrakennesuunnittelussa. Tämän opinnäytetyön tilaajana toimi Granlund Oy.

Vuosisadan loppuun mennessä Suomen kesien odotetaan olevan lämpimämpiä ja kylmät talvet harvinaistuvat. Sademäärät ja etenkin viistosateet tulevat kasvamaan. Myrskyjen aiheuttamat vahingot lisääntyvät, sillä routaisuus vähenee. Lumikuorman odotetaan kasvavan Suomen pohjois- ja itäosassa, mikä vaikuttaa etenkin harja- ja pulpettikaton kantaviin rakenteisiin. Yläpohjan homehtumisen riski kasvaa tulevaisuudessa. Normisateella tulevaisuuden lisääntyvät sademäärät eivät aiheuta ongelmia sadevedenpoistojärjestelmälle, mutta rankkasateella vedenpoiston mitoitus jää tasakatoilla pieneksi. Vesikaton huoltotoimenpiteet korostuvat entisestään tulevaisuudessa.

Katemateriaalivalmistajien kyselyyn vastasi viisi yritystä anonymisti. Katemateriaaleissa tulevaisuuden ilmastonmuutos huomioidaan esimerkiksi valitsemalla pinnoitteita, joissa lämpötilan sieto on korkea sekä kiinnitetään huomiota korroosionestoon ja UV-luokitukseen. Käytössä on jo tuotteita erilaisiin ilmasto-olosuhteisiin ja katemateriaalien käyttöikä ei ole tarvinnut lyhentyä. Rakennesuunnittelijoiden kyselyyn vastasi kolme henkilöä anonymisti. Ilmastonmuutosta ei huomioida tällä hetkellä suunnittelussa. Suunnittelijoita ohjaavat nykyiset standardit ja normit, sekä arkkitehdin näkemys.

Tulevaisuuden ilmasto-olosuhteita on vaikea ennustaa ja ne ovat riippuvaisia monesta asiasta. Pahimman ilmastoskenaariota tapahtuessa se ei aina tarkoita, että pahin ilmastovaikutus tapahtuisi rakenteelle. Tulevaisuudessa tulisi huomioida yläpohjan mahdollinen homehtuminen esimerkiksi tutkimalla lisää lämpöä eristävän aluskatteen käyttöä, huomioida lisääntyvät viistosateet pidemmällä räystäillä ja huolehtia riittävästä sadevedenpoistojärjestelmän mitoituksesta rankkasateiden varalle.

Avainsanat Ilmastonmuutos, ilmatoriski, yläpohjarakenteet, vesikatto

Sivut 37 sivua ja liitteitä 3 sivua

The purpose of this thesis was to determine how the effects of climate risks should be considered in roof structures and complementaries. The aim of the thesis is to utilize the results in climate risk assessment and structural designing. The study was limited to gable, mono-pitched and flat roofs. Roofing materials were limited to tile, metal, bitumen felt membrane, and green roof. The thesis examined the load-bearing structures of roof structures, moisture performance, water drainage, as well as roofing materials and fastening in terms of the future climate conditions. In addition, a survey was sent to structural designers and roofing material manufacturers to obtain a comprehensive perspective from industry actors on climate change adaptation in the present and future. The study question of the thesis was how changing climate conditions should be taken into account in roof structures in new construction and renovation design. Granlund Oy was the client for this work.

By end of the century, Finnish summers are expected to be warmer, and cold winters will become rarer. Precipitation, especially diagonal rain, will increase. Damage caused by storms will increase as ground frost decreases. The snow load is expected to increase in the northern and eastern parts of Finland, which will especially affect the load-bearing structures of gable and mono-pitched roofs. The risk of mold in the roof structures will increase in the future. In a normal rainfall, the increased precipitation in the future will not cause problems for rainwater drainage systems, but in heavy rainfall, flat roofs will not be adequately sized for rainwater drainage systems. Roof maintenance will become even more important in the future.

Five roofing material manufacturers responded anonymously to the survey. Climate change is taken into account in roofing materials, for example, by selecting coatings with high temperature tolerance and paying attention to corrosion resistance and UV classification. There are already products available for different climate conditions, and the technical life cycle of roofing materials has not needed to be shortened. Three individuals responded anonymously to the survey of structural designers. Climate change is not currently considered in the design process. Designers are guided by current standards and norms, as well as the architect's vision.

Future climate conditions are difficult to predict and depend on many factors. In the worst climate scenarios, it does not always mean that the worst climate impact would occur on the structure. In the future, possible mold growth in the roof structures should be considered, for example, by studying the use of more heat-insulating underlay, taking into account increasing diagonal rain with longer eaves, and ensuring sufficient sizing of the rainwater drainage system to prepare for heavy rainfall.

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Ilmatoriskit Suomessa	2
2.1	Ilmatoriskit ja -skenaariot.....	2
2.2	Lämpeneminen	4
2.3	Tuulen muutokset	5
2.4	Sademäärät ja tulvat	5
2.5	Ilmatoriskikartoitus	6
3	Yläpohjarakenteiden rakennusfysikaalinen toimivuus	7
3.1	Rakennusfysikaalinen toimivuus	7
3.2	Yläpohjatyypit	8
3.3	Katemateriaalit.....	11
4	Tutkimuksen tausta ja toteutus.....	13
5	Harja- ja pulpettikatto muuttuvissa ilmasto-olosuhteissa	13
5.1	Kantavat rakenteet.....	13
5.2	Kosteustekninen toimivuus	16
5.3	Vedenpoisto.....	18
5.4	Katemateriaalit ja kiinnitys.....	21
5.4.1	Materiaalivalmistajien kyselyiden tulokset.....	21
5.4.2	Peltikatteen kyselyn tulokset.....	23
5.4.3	Tiilikatteen kyselyn tulokset	24
5.4.4	Viherkaton kyselyn tulokset	25
6	Tasakatot muuttuvissa ilmasto-olosuhteissa	26
6.1	Kantavat rakenteet.....	26
6.2	Kosteustekninen toimivuus	27
6.3	Vedenpoisto.....	28
6.4	Bitumikermikatteen kyselyn tulokset.....	29
7	Rakennesuunnittelijoiden kysely	30
8	Tulosten tarkastelu.....	31
9	Yhteenveto ja pohdinta	33
	Lähteet	35

Kuvat

Kuva 1. Tuulettuva yläpohjarakenne	9
Kuva 2. Lievästi tuulettuva yläpohjarakenne	10
Kuva 3. Käännetty yläpohjarakenne.....	11
Kuva 4 Maan pinnalla olevan lumen ominaisarvot nykyisin	15
Kuva 5 Jyrkkien kattojen tuuletuksen ohje mitoitukseen.....	16

Taulukot

Taulukko 1 Räystäskourujen mitoitusohje	19
Taulukko 2 Syöksytorven mitoitusohje	19
Taulukko 3 Suurin sademäärä (mm/h) eri ajanjaksoilla	20
Taulukko 4 Lumikuorma nykyisin ja tulevaisuudessa	32
Taulukko 5 Sadevedenpoistojärjestelmien minimivaatimukset nykyisin ja tulevaisuudessa	32

Liitteet

Liite 1.	Materiaalivalmistajien kyselyn kysymykset
Liite 2.	Rakennesuunnittelijoiden kyselyn kysymykset

1 Johdanto

Ilmasto lämpenee ihmisen toiminnan takia ja lämpenemisestä seuraa maapallolle pysyvää haittaa. YK:n ilmastoneuvotteluiden tavoitteena on rajata maapallon keskilämpötilan nousu alle kahden asteen. Ilmaston lämpenemisen rajoittavista toimista huolimatta ilmaston muutokseen on sopeuduttava, sillä toimet eivät riitä kokonaan sen hillitsemiseen. Suomen kasvihuonekaasupäästöistä noin kolmasosa aiheutuu rakentamisesta ja rakennuksista. (Ympäristöministeriö, n.d.-a; Ympäristöministeriö, n.d.-b)

Yläpohjarakenne on kokonaisuus, joka muodostuu ylimmän kerroksen yläpuolisista rakenteista ja vesikatosta. Yläpohjarakenteeseen lukeutuu yläpohjan kantava rakenne, höyryn- tai ilmansulku, lämmön- ja vedeneristys sekä tuuletus, ja sen täydentäviä rakenteita ovat sadevesijärjestelmät ja kattoturvatuotteet. Yläpohjan tarkoituksena on suojella talon sisäpuolta ulkoilman rasituksia vastaan ja ohjata tuleva sadevesi talon ulkoreunoille. (RIL 107.2022, s. 103; Myllärinen ym., 2019, s. 54) Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan yläpohjarakenteita tulevaisuuden muuttuvassa ilmastossa.

Ilmastoriskikartoituksen tarkoituksena on selvittää, millaisia tulevaisuuden ilmastoriskejä kiinteistöön kohdistuu. Näitä ovat lämpötilaan, tuuleen, veteen ja maamassoihin sekä maaperään vaikuttavat ilmastoriskit. Ilmastoriskikartoitus on pakollinen, jos kiinteistöä halutaan EU-taksonomian mukainen. EU-taksonomia on kestävä rahoituksen luokitusjärjestelmä, joka luo kriteerit kestäväälle taloudelliselle toiminnalle ja sen tavoitteena on parantaa tulevaisuudessa rakentamisen laatua. EU-taksonomia ja EU:n kestävyysraportointidirektiivi eli CSRD edellyttävät huomioimaan ilmastomuutokseen sopeutumisen toimenpidesuunnitelmalla ja raportoinnilla. Ilmastoriskikartoitus auttaa kiinteistön omistajaa ennakoimaan ilmastonmuutoksen vaikutuksia kiinteistön ylläpidossa ja auttaa säilyttämään kiinteistön arvon. Ilmastoriskikartoituksella on vaikutusta myös lainarahan hintaan. (Granlund Oy, 2023; Granlund Oy, n.d.) Tässä opinnäytetyössä keskitytään yläpohjarakenteisiin vaikuttaviin ilmastoriskeihin, joita ovat lämpötila, vesi ja tuuli.

Tämän työn tarkoituksena oli selvittää, miten ilmastoriskien vaikutukset tulisi huomioida yläpohjarakenteissa ja yläpohjavarusteissa. Työ rajattiin koskemaan harja-, pulpetti- ja tasakattoa. Katemateriaalit rajattiin tiili-, pelti, ja kumibitumikermikatteisiin sekä viherkattoon. Tutkimuskysymyksenä oli: miten muuttuvat ilmasto-olosuhteet tulee huomioida yläpohjarakenteissa uudis- ja korjausrakennesuunnittelussa? Tämän opinnäytetyön tilaajana toimi Granlund Oy.

2 Ilmatoriskit Suomessa

2.1 Ilmatoriskit ja -skenaariot

Lisääntyvillä kasvihuonekaasupäästöillä on vaikutusta sääilmiöihin, jotka aiheuttavat tulevaisuudessa entistä enemmän vahinkoa maapallolle. Näitä ovat esimerkiksi pitenevät hellejaksot, lisääntynyt kuivuus ja rankkasateet. Pohjoisella pallonpuoliskolla kasvukausi on pidentynyt, kun ilmastovyöhykkeet siirtyvät kohti pohjois- ja etelänapaa. Myös alueet, jotka ovat kärsineet ennestään kuivuudesta, on kuivuus yleistynyt entisestään. Maailmanlaajuisesti merenpinta on noussut keskimäärin 20 cm ja merivesi on happamoitunut. Jäätiköiden, ikeiroudan ja lumen määrä ovat myös vähentyneet kasvihuonepäästöjen lämmittävän vaikutuksen seurauksena. (Hilden ym., 2022, s. 84)

Ilmatoriskien kehityksen perusteella Suomi voidaan jaotella maa-alueittain etelä- ja länsiosaan sekä itä- ja pohjoisosaan. Eri maa-alueilla on yhtäläisyyksiä, mutta myös erityispiirteitä ilmatoriskien kannalta. Tulevaisuudessa Suomen maa-, meri- ja vesistöalueita koettelevat lisääntyvät helteet haitallisesti. (Hilden ym., 2022, s. 85)

Ilmastoskenaariolla ennakoidaan ilmastomuutoksen vaikutuksia tulevaisuudessa. Ilmastoskenaariot pyrkivät ottamaan huomioon useita tapahtumapolkuja ja niihin liittyviä erilaisia tulevaisuuden tiloja, joiden avulla yritetään ymmärtää, miten eri tekijät voivat vaikuttaa erinäköisiin tulevaisuuskuviin. Ilmastoskenaariot tarkoituksena on kuvata tietyissä olosuhteissa tulevaisuuden ilmastoa, kun taustalle otetaan huomioon päästöskenaario. Päästöskenaariot tarkoituksena on kuvata ihmiskunnan päästöjä tulevaisuudessa ja miten ne tulevat muuttumaan ihmistoiminnan seurauksena. Ilmastomalleja käytetään ilmastoskenaarioiden tuottamiseen. Ilmastomallit ovat matemaattisia malleja, jotka käyttävät laskemiseen hyväksi annettuja lähtöoletuksia ja laskevat niiden avulla ennusteen tulevasta sääsuureiden muutoksesta. (Ilmatieteen laitos, n.d. -a; Pilli-Sihvola, K, ym., 2023, s. 13)

Hallitustenvälinen ilmastomuutospaneeli (IPCC) julkaisee päivitettyjä tulevaisuusskenaarioita, jotka ottavat huomioon kehityskulut globaalissa ekonomiassa, kuten väestönkasvussa ja kaupungistumisessa, sekä globaalissa ilmastopolitiikassa. Globaalit sosioekonomiset kehityspolut (SSP eli shared socioeconomic pathways) jaetaan neljään osaan. Kasvihuonepäästöjä kuvaa alhaisimman luvut SSP1-2.6, keskitasoa kuvaa SSP2-4.5, melko suuria kuvaa SSP3-7.0 ja erittäin suuria kuvaa SSP5-8.5. Itse luvut kuvaavat säteilytehon määrää vuosisadan lopussa, joka tulee neliometriä kohden. Luku

myös kertoo voimakkuuden, kuinka paljon kasvihuonekaasut pidättävät ilmakehässä lämpösäteilyä, joka saapuu maapallolle. (Pilli-Sihvola, K, ym., 2023, s. 13)

RCP (Representative Concentration Pathways) kehityskulku huomioi ilmakehässä olevien kasvihuonekaasujen ja aerosolien pitoisuudet. Nämä ovat keskeisessä osassa vaikuttamassa maan säteilytasapainoon ja vaikuttavat sitä kautta ilmastoon. RCP-ilmastoennuste kuvaa, kuinka sademäärä ja lämpötila tulee muuttumaan eri RCP-skenaarioissa eli toisin sanoen RCP-skenaarioissa kuvataan, kuinka kasvihuonekaasupäästöjen oletetaan kehittyvän. RCP8.5-skenaariossa kasvu kasvihuonepäästöissä jatkuu nopeana myös tulevaisuudessa. RCP6.0-skenaariossa päästöt pysyvät aluksi samalla tasolla kuin nykyisin, mutta tulevat olemaan vuosisadan myöhemmässä vaiheessa suuria. RCP4.5-skenaariossa, alkuun päästöissä on hieman kasvua, mutta alkavat laskemaan noin vuonna 2040. Skenaariossa RCP2.6 päästöt alkavat laskemaan jyrkästi jo vuoden 2020 jälkeen ja vuosisadan loppuun mennessä ne ovat lähellä nollaa. Varsinaiseen ilmastoskenaarioon käytetään SSP:n ja RCP:n yhdistelmää. (Suomen ympäristökeskus, 2020; Climateguide, 2017)

Ilmastonmuutokseen liittyvät riskit muodostuvat kolmesta tekijästä: vaaratekijästä, altistumisesta ja haavoittuvuudesta. Vaaratekijöihin otetaan huomioon hitaammin vaikuttavat ilmasto- ja luonnonilmiöt sekä sään ääri-ilmiöt. Hitaita sääilmiöitä ovat sateiden lisääntyminen, keskilämpötilan ja merenpinnan nouseminen. Sään ääri-ilmiöt ovat tilapäisiä ja näitä ovat esimerkiksi helle- ja kuivuuskaudet sekä myös lisääntyvät rankkasateet. Tilastollisesti sään ääri-ilmiöiden todennäköisyys on pieni. Ilmastonmuutos kuitenkin lisää ääri-ilmiöiden esiintyvyyttä ja tästä syystä ne toistuvat tulevaisuudessa useammin kuin nykyisin. Altistumisella tarkoitetaan sitä, että ilmastonmuutoksen myötä vaaraa aiheutuu muun muassa ihmisille, elinkeinoihin, luonnonvaroihin tai infrastruktuuriin. Altistuminen ei aina aiheuta negatiivisia vaikutuksia vaan se edellyttää kohdetta, joka on vaaratekijälle haavoittuvainen. Esimerkkinä altistumiselle voi olla helteellä asunnossa asuva ihminen, jolla ei ole asunnon viilentämismahdollisuuksia. Haavoittuvuudella ei ole yksiselitteistä määritelmää, mutta se kuvaa herkkyyttä ilmiölle, joka aiheuttaa mahdollisesti vahinkoa tai vaaraa. (Pilli-Sihvola, K, ym., 2023, ss. 15–17)

Sopeutumiskyky on tärkeässä osassa, kun pyritään vähentämään ilmastonmuutokseen liittyviä riskejä. Yleisesti sopeutuminen tarkoittaa varautumista muuttuviin olosuhteisiin sekä kykyä ennakoida ja mukautua, jotta voidaan vähentää altistumista vaaratekijöille tai vähentää ympäristön haavoittuvuutta. Sopeutuminen ottaa huomioon riskienhallinnan varaustoimet lyhyellä tähtäimellä sekä sopeutumisen pidemmällä aikavälillä tulevaisuuden muuttuviin

olosuhteisiin. Sopeutumistoimilla voidaan ajatella vähentävän haavoittuvuutta ja pienentää riskejä, joita ilmastonmuutos aiheuttaa. (Pilli-Sihvola, K, ym., 2023, s. 18)

2.2 Lämpeneminen

Suomi lämpenee keskimäärin kaksi kertaa enemmän verrattuna maailmanlaajuiseen keskiarvoon. Vuosikeskilämpötila Suomessa on kohonnut 40-vuoden aikana 0,2–0,4 astetta vuosikymmenessä. Uusimpien ilmastoskenaarioiden perusteella vuosisadan loppuun mennessä vuosikeskilämpötila Suomessa kohoaa 2–6 astetta, riippuen päästöskenaariosta. (Ilmatieteenlaitos n.d. -a; Pilli-Sihvola, K, ym., 2023, ss. 20, 23)

Suomen kesien odotetaan olevan ilmastonmuutoksen seurauksena lämpimämpiä. Kesien oletetaan lämpenevän vuosikymmentä kohden 0,3 astetta ensimmäisen vuosisadan puoliskolla. Toisen vuosisadan puoliskon ennuste riippuu kasvihuonepäästöjen kasvusta. Korkeiden lämpötilojen esiintymiseen vaikuttaa jo hyvin lievä lämpötilan nousu. Todennäköisyys korkeisiin ääriämpötiloihin odotetaan kasvavan ilmaston lämmitessä, kun taas matalampien ääriämpötilojen oletetaan olevan harvinaisempia. Jos kasvihuonepäästöjä pystytään rajoittamaan kohtuullisesti RCP4.5-skenaarion mukaan, kesien oletetaan olevan 1–4 astetta lämpimämpiä ja talvet ovat 2–7 astetta lämpimämpiä vuosisadan loppuun mennessä. (Ilmatieteen laitos, 2017)

Talven odotetaan lämpenevän enemmän kuin kesäajan. Kylmistä talvista tulee harvinaisempia ja pakkaspäiviä tulee olemaan vähemmän. Talviajan lämpötilavaihtelut pienenevät ja tästä seuraa, että ääriämpötilat nousevat keskilämpötiloja enemmän. Lumipeitteen oletetaan vähenevän ja talvista tulee entistä pilvisempiä ja näin ollen pimeämpiä. Marras-helmikuussa ilmaston lämpeneminen on muihin kuukausiin verrattuna voimakkaampaa. Talvella lumen sijaan sademäärä saadaan entistä enemmän vetenä, joka johtaa lumisateiden vähenemiseen. Routakausi lyhenee ja sen syvyys vähenee talvikauden lauhtuessa. (Ilmatieteenlaitos, 2017; Pilli-Sihvola, K, ym., 2023, ss. 23, 25)

Hellepäivien ja helleaaltojen oletetaan pitenevän ja voimistuvan. Hellepäiviksi katsotaan päivät, jolloin vuorokauden lämpötila kohoaa yli 25 asteen. RCP4.5-skenaarion perusteella yli 20 asteen vuorokausikeskilämpötilojen määrän odotetaan kasvavan vuodessa Suomen eteläosassa 19 päivästä 43 päivään ja pohjoisessa maanosassa neljästä päivästä 13 päivään kuluva vuosisadalla. Yli 24 asteen helteen päivät lisääntyisivät eteläosassa vuodessa kahdesta päivästä 10 päivään sekä pohjoisessa maanosassa 0,3 päivästä 1,7 päivään. Maan eteläosassa kerran kymmenessä vuodessa koettu yli 28 asteen

vuorokausikeskilämpötila tulisi tulevaisuudessa toteutumaan vuodessa yhtenä päivänä. (Pilli-Sihvola, K, ym., 2023, ss. 30–32)

2.3 Tuulen muutokset

Tehtyjen säähavaintojen perusteella tuulisuus Suomessa on vähän heikentynyt viimeisten vuosikymmenien aikana. Tuulisuuden odotetaan muuttuvan tulevaisuudessa vain vähän. Myrskyt voivat esiintyä entistä voimakkaampana, mutta niitä pidetään harvinaisempina. Pohjois-Atlantilta Suomeen siirtyvien myrskyjen ilmastomallien osalta on suurta epävarmuutta, jonka takia tulevaisuuden myrskyisyyden ennustaminen on vaikeaa. Puuskatuulien oletetaan kuitenkin lisääntyvän. Ilmastoskenaarion perusteella matalapainemyrskyjen tai tuulisuuden ei oleteta muuttuvan merkittävästi. Tuulen keskimääräisen nopeuden muutoksen oletetaan myös jäävän pieneksi. (Pilli-Sihvola ym., 2023, ss. 41–42; Hilden ym., 2022, s. 86)

Myrskyjen aiheuttamat vahingot tulevat tulevaisuudessa olemaan todennäköisempiä kuin aiemmin, sillä routaisuus vähenee talvien lämmitessä. Puut kaatuvat helpommin ilman routaa ja näin ollen puiden kaatumiset voivat vahingoittaa rakennuksia tai sähkölinjoja. Lumimyrskyssä puuskatuulen nopeus on minimissään 21 m/s ja lunta sataa vähintään 15 cm. Tällaisten lumimyrskyjen todennäköisyyttä Suomen tulevaisuudessa ei ole arvioitu, mutta niiden oletetaan lisääntyvän, kun ilmaston lämmitessä arktisilta alueilta saapuu kylmää ilmamassaa, mikä osuu lämpimään ja kosteaan ilmamassaan useammin. (Annala ym., n.d., s. 31)

2.4 Sademäärät ja tulvat

Pidemmällä aikavälillä Suomessa on havaittu 2 % kasvu vuosittaisessa sademäärässä, kun verrataan aikajaksoa 1981–2010 ja 1991–2020. Verrattuna jaksoon 1961–1990 sademäärän kasvua on tapahtunut jo 9 %. Eniten sademäärä on kasvanut jouluihelmikuussa ja kasvun määrä on suurinta pohjoisessa maanosassa. Elokuun sateet ovat taas pienentyneet. Sateiden ennustavuutta ja muutoksia on vaikeampi ennustaa verrattuna lämpötilan muutoksiin. Ilmastomuutoksen seurauksena sademäärän odotetaan kasvavan tällä vuosisadalla 8–19 % riippuen ilmastoskenaariosta. Talvella sademäärän odotetaan kasvavan enemmän kuin kesäaikaan. Kesän osalta ei osata antaa tarkkaa arviota sademäärän tulevaisuudesta, sillä osa ilmastomalleista antaa vastaukseksi laskevia tuloksia sademäärän osalta. Rankkasateiden osalta ei osata varmaksi ennustaa niiden voimakkuuksia tai kuinka

usein niitä tulee. Rankkasateiden ennustetaan kuitenkin voimistuvan, koska lämpimämpi ilma pystyy sitomaan enemmän vesihöyryä. Etenkin kesäaikaan on odotettavissa kasvua vuorokauden sademääriin. Vesisadetta, joka päättyy tuulen mukana rakennuksen pystyinnolle, kutsutaan viistosateeksi. Vaikka tuulisuuden muutosten odotetaan jäävän vähäiseksi, viistosateiden odotetaan kasvavan maan eri osista riippuen 34–50 % vuosisadan loppuun mennessä. (Pilli-Sihvola ym., 2023, ss. 32, 34–37)

Tulevaisuudessa kevättulvien odotetaan pienenevän lumipeitteen vähenemisen seurauksena ja talvitulvien lisääntyvän kasvavien sademäärien vuoksi. Tulvavaaran odotetaan kasvavan maan etelä- ja keskiosassa, kun taas pohjoisosassa muutokset ovat pieniä. Epävarmuutta tulvavaaran muutokseen tuo se, että esiintyvätkö sateet lumena vai sulavatko lumet talven aikana vai kaikki kerralla keväällä. Jos tulvariskien hallintaan johtavia toimenpiteitä ei jatketa, tulvariskin odotetaan kasvavan kaksin- tai kolminkertaisesti vuosisadan loppuun mennessä. (Pilli-Sihvola ym., 2023, ss. 40–41)

Tulevaisuuden meritulvariskien muutokset riippuvat alueesta. Esimerkiksi Suomenlahdella merenpinnan arvioidaan nousevan vuosisadan loppuun mennessä noin 20–30 cm. Perämerellä taas maanpinta kohoaa edelleen jääkauden jäljiltä, jolloin kohoaminen kumoaa merenpinnan nousun. Tämän vuoksi meritulvariskin odotetaan jopa pienenevän alueella lähivuosina. Merivesitulviin vaikuttavat myös lyhytaikaisemmat ilmiöt, kuten esimerkiksi myrskytuulet, vaihtelu ilmanpaineissa sekä Tanskan salmen virtausolosuhteista. (Pilli-Sihvola ym., 2023, ss. 45–47)

2.5 Ilmastoriskikartoitus

Ilmastoriskikartoitus tehdään maahan, esimerkiksi Suomeen, sitten alueeseen ja lopulta kiinteistöön. Altistumisanalyysi tutkii, mitä ilmastoriskejä maahan ja alueeseen kohdistuu, niiden suuruudet ja lopulta tarkastetaan, kuinka todennäköistä niiden tapahtuminen on. Altistumisanalyysin perustana toimii ilmastoskenaariot. Ilmastoriskit voivat olla akuutteja tai kroonisia ja niitä tarkastellaan lämpötilan, veden, tuulen ja maaperän näkökulmasta. Kroonisia ilmastoriskejä ovat muun muassa lämpötilan vaihtelut ja merenpinnan kohoaminen. Akuuteiksi luetellaan esimerkiksi tulvat ja myrskyt. (Granlund Oy, 2023; Granlund Oy, n.d.)

Ilmastoriskien raportoinnissa hyödynnetään IPCC:n skenaarioita ilmaston lämpenemisestä 1,5 tai 2 asteen perusteella. Ilmastoriskitaulukon perusteella voidaan määrittää ilmastoriskeille niiden vakavuus. Riskeinä voi olla merkityksetön, vähäinen, kohtalainen,

merkittävä tai sietämätön. Eu-taksonomian mukaan kiinteistöt, jolle raportoidaan merkittäviä tai sietämättömiä riskejä vaativat toimenpiteitä niiden alentamiseen vähintään kohtalaiselle tasolle. Raportoinnin yhteydessä suositellaan toimenpiteitä, joiden avulla riskejä voidaan alentaa. Yleisimpiä havaittuja ilmastoriskejä ovat muun muassa rankkasateiden jälkeisten sadevesien poistaminen, joka ei tapahdu riittävän tehokkaasti tai kun asunnon sisälämpötilat nousevat kesäaikana liian korkealle. (Granlund Oy, 2023; Granlund Oy, n.d.)

3 Yläpohjarakenteiden rakennusfysikaalinen toimivuus

3.1 Rakennusfysikaalinen toimivuus

Rakennusfysikaalinen suunnittelu keskittyy pääosin rakenteiden toiminnan suunnitteluun, jossa otetaan huomioon rakenteissa siirtyvä lämpö, ilma ja kosteus sekä tarkastellaan rakenteiden toimintaa, olosuhteita ja ominaisuuksia. Yleensä rakennusfysikaalisessa suunnittelussa keskitytään suunnittelemaan yksittäisten rakenteiden toimintaa, mutta kiristyvät tavoitteet energiatehokkuuden parantamisen ja ilmastonmuutoksen suhteen lisäävät tarkastelua koskemaan nykyisin koko rakennuksen toimintaa. Rakennusfysikaalisella suunnittelulla voidaan muun muassa vaikuttaa rakenteiden käyttöikään, energiatehokkuuteen ja sisäilmaan. (RIL 255-1-2014, s. 17)

Yläpohjan rakennusfysikaalisessa suunnittelussa otetaan huomioon merkittävimmät yläpohjaa rasittavat tekijät, joita ovat muun muassa sadevesi, sisäpuolelta tuleva kosteus, lumikuorma ja lumesta syntyvä sulamisvesi, ilmanpaine-ero sekä lämpötilaero rakenteiden eri puolilla. Yläpohjan suunnitteluun vaikuttavat myös muutkin tekijät kuin lämpö- ja kosteustekniset syyt, kuten esimerkiksi mikä on katon kantava rakenne, vesikatemateriaali ja katon muoto. (RIL 255-1-2014, s. 91)

Yläpohjarakenteen lämpö- ja kosteusteknisen toimivuuden varmistamiseksi oleellinen asia on yläpohjan ilmatiiviys. Talvikautena yläpohjassa on yleensä ylipaine, joka aiheutuu sisä- ja ulkoilman välisestä lämpötilaerosta. Korkea yhtenäinen sisätila aiheuttaa korkeamman paine-eron. Ilman- ja höyrynsulku on lähtökohtaisesti aina tarpeellinen, sillä kaikissa yläpohjarakenteissa kosteuden siirtyminen rakenteista ei ole kovin tehokasta tai materiaalit eivät kestä pitkään ylimääräistä kosteusrasitusta. Ilman- ja höyrynsulku suunnitellaan yleensä sijoitettavaksi lämpimälle puolelle lämmöneristystä, jolloin ilman- tai höyrynsulun ja lämmöneristyksen väliin ei tule ilmatilaa. (RIL 255-1-2014, s. 99)

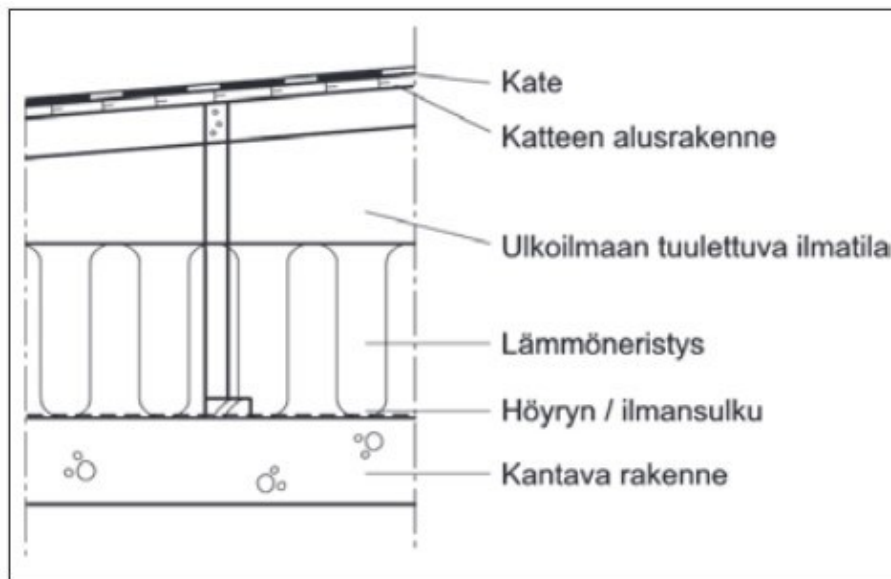
Pääsääntöisesti kaikkiin vesikattoihin on suunniteltava tuuletus. Tuuletustarpeeseen on otettava huomioon, kuinka paljon lämmöneriste sitoo kosteutta, kuinka arkoja yläpohjamateriaalit ovat kosteudelle sekä on arvioitava kosteuden määrä, joka yläpohjarakenteista on poistettava. Yläpohjarakenteisiin pääsee jo rakennusvaiheessa kosteutta, joka täytyy poistaa tuulettamalla. Myös lämpiminä sateisina päivinä tuuletusraon kautta tuleva ilma on itsessään jo kosteampaa, mikä lisää yläpohjan kosteutta. Perusedellytyksiä tuulettamiseen on kyllästysvajaus, joka kertoo kosteuden sitoutumisesta ulkoilmaan ja paine-ero, joka kuljettaa ilmaa rakenteissa sekä koko yläpohjan alalta ilman vaihtumista. (RIL 255-1-2014, ss. 100–101)

Eri katemateriaaleilla on minimikaltevuusrajat ja kaltevuudet olisi hyvä valita minimikaltevuuksia suuremmiksi. Vesikaton lammikoitumista ei tavoitteellisesti haluta muodostuvan olosuhteista riippumatta mihinkään vesikaton kohtaan. Riittävät vesikaton kaltevuudet vähentävät vuotojen määrää sekä rankkasateella syntyvää vedenpainetta katteelle. Talvella riittävä kaltevuus edesauttaa lumen sulamisveden poistumista. Tasakaton on suunniteltava ylijuoksutusmahdollisuus kattokaivon tukkeutumisvaaran vuoksi, jottei vesikatolle kerääny liikaa vettä. (RIL 255-1-2014, ss. 95–97)

3.2 Yläpohjatyypit

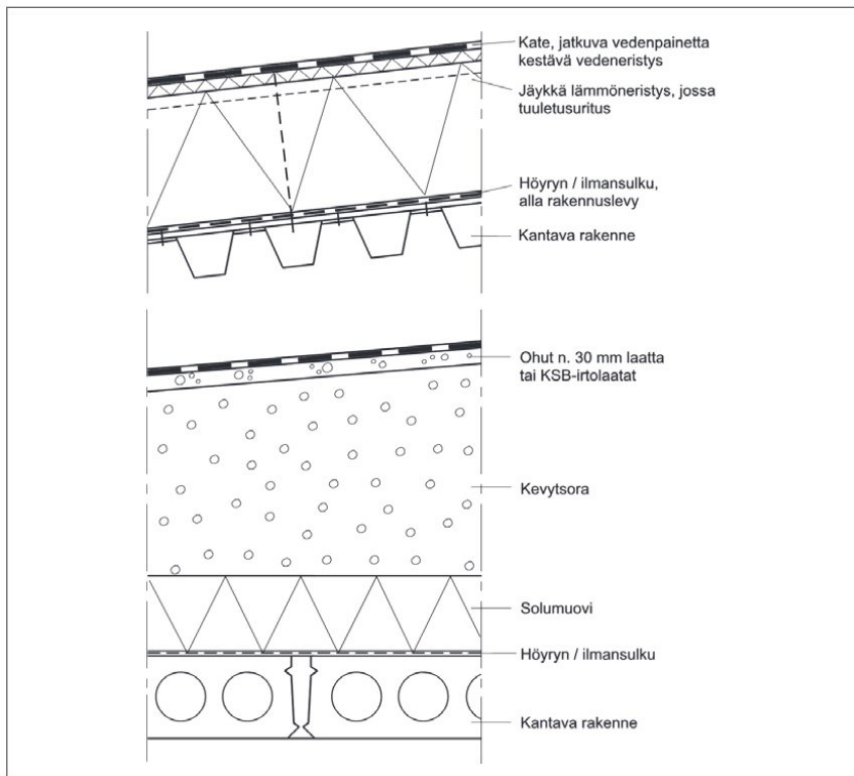
Yläpohjarakenteet voidaan jakaa tuulettuviin, umpirakenteisiin ja lievästi tuulettuviin rakenteisiin sekä käännettyihin yläpohjarakenteisiin. Tuulettuva yläpohja on rakenne, jossa on lämmöneristyksen ja katteen välissä ulkoilmaan yhteydessä oleva tuulettuva tila. Sisältä tuleva kosteus kulkeutuu yläpohjan läpi ja pääsee ilmatilan kautta tuulettumaan pois. Jos aluskatteen yläpuolella on rako, on se myös tuuletettava. Vuotovedet ja rakennuskosteus pääsee poistumaan tuuletuksen avulla. Ilmatilan tuuletus voidaan suunnitella painovoimaiseksi, koneelliseksi tai tuulen avulla hoidetuksi. Harjakatoissa tarvitaan räystäillä olevien rakojen lisäksi poistoaukot korkeimpaan kohtaan kattoa. Yläpohjarakenteen ilmatiiviys tulee varmistaa ja yleensä höyrynsulkua käytetään myös ilmansulkuna. Höyrynsulkuna voidaan käyttää levy-, kalvo- tai betonirakennetta. Lämmöneristys asennetaan ilmatiiviiseen sisäpuoliseen pintaan kiinni, jotta sen sisäpuolelle ei jää ilmarakoja. Tuulensuojalevyä käytetään suojaamaan avohuokoista lämmöneristettä, kun tuuletusvälissä oleva ilman liike on nopeaa. Alla olevasta kuvasta 1 voidaan nähdä tarkemmin tuulettuva yläpohjarakenne. (RIL 255-1-2014, s. 92; ks. myös Kattoliitto ry, 2022, s. 13)

Kuva 1. Tuulettuva yläpohjarakenne (RIL 255-1-2014, s. 92).



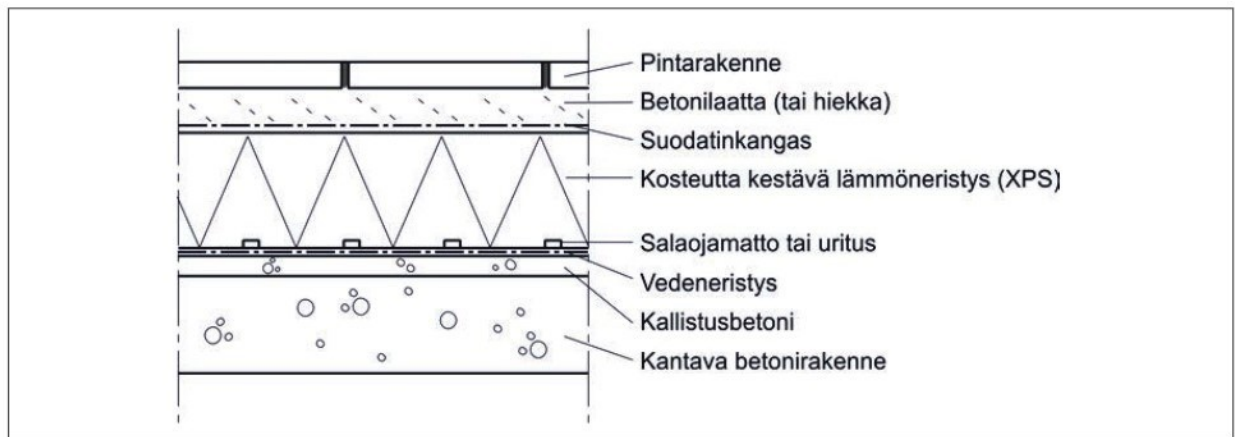
Umpirakenteissa käytetään kevytsorakerrosta, joka on rakenteen tuulettuva osa. Umpirakenteen lämmöneristeenä yleensä käytetään solumuovia, kevytsoraa tai mineraalivillaa, joka on jäykkää. Vedeneristysalusta kuten esimerkiksi betonilaatta asennetaan lämmöneristeen päälle. Umpinainen rakenne on hidas tuulettumaan, joten sitä ei suositella käytettäväksi, sillä rakennusvaiheen kosteus tai vesikatteen pienet vuodot pääsevät mahdollisesti levittämään kosteutta laajemmin yläpohjaan. Huolellinen rakennusaikainen suojaus sateelta on suositeltavaa. Alla olevasta kuvasta 2 voidaan tarkastella lievästi tuulettuvaa yläpohjarakennetta tarkemmin. (RIL 255-1-2014, ss. 94–95)

Kuva 2. Lievästi tuulettuva yläpohjarakenne (RIL 255-1-2014, s. 94).



Käännettyä yläpohjarakennetta käytetään yleensä liikennöidyillä katoilla. Käännetyssä yläpohjarakenteessa vedeneristys asennetaan lämpimälle puolelle lämmöneristettä. Pintarakennetta hyödyntäen osa sadevesistä johdetaan sadevesikaivoihin. Pintarakenteena käytetään yleisesti asfalttia tai betonilaatoitusta. Vedeneristyksen päältä ja lämmöneristyksen alapintaan tarvitaan myös vedenpoisto kaivoihin. Vesi pääsee poistumaan rakenteista hitaasti, jolloin vedenpaine rakenteessa on pitkäaikainen. Tämän vuoksi vedeneristys ja liitokset on suunniteltava täysin vesitiiviiksi. Käännetyn rakenteen vesivuotoja on yleensä vaikea paikallistaa ja korjata. Alla olevasta kuvasta 3 voidaan tarkastella käännetyn yläpohjan rakennetta. (RIL 255-1-2014, s. 95)

Kuva 3. Käännetty yläpohjarakenne (RIL 255-1-2014, s. 95).



3.3 Katemateriaalit

Aluskatetta käytetään vesikatteiden alla silloin kun vesikatteen vuotaminen on mahdollista. Näihin kuuluvat muun muassa muotopelti-, tiili- ja kuitusementtikatteet sekä loivat saumatut peltikatteen. Aluskatetta käytetään johdattamaan mahdollinen vesikatteen saumoista päässyt sadevesi rakennuksen ulkopuolelle. Bitumikermiä käytetään aluskatteena raakaponttilautalustalla tai vaihtoehtoisesti aluskatteena voidaan käyttää tukematonta materiaalia. Aluskatteen suositellaan olevan vesihöyryä läpäisevää materiaalia ja sen olisi hyvä pystyä sitomaan alapinnalleen tiivistyvää kosteutta. Alus- ja vesikatteen väliin on suunniteltava tuuletusväli. Suomessa tyypillistä on, että aluskatteen alapuolella on varsinainen tuuletusväli. Kun aluskate on lämmöneristuksen yläpinnassa, katteen on oltava erittäin hyvin vesihöyryä läpäisevää materiaalia. (RIL 255-1-2014, s. 108)

Sileä peltikate soveltuu hyvin monimuotoisten kattojen vesikattemateriaaliksi. Se tehdään 0,5 mm paksuisesta teräsohutelevystä, joka on sinkitetty. Asennettaessa sileää peltikatetta, liitos toiseen peltiin tehdään taivutuskoneella saumaamalla sekä käytetään tiivisteainetta. Saumaus myös tehdään kaksinkertaisena saumana. Harva- tai umpilauta toimii yleensä peltikatteen alustana. Sen on tuuletettava hyvin, sillä peltikate on huono läpäisemään vesihöyryä ja saumat ilmaa. (RIL 255-1-2014, ss. 103–104)

Muotopeltikatteita ovat muun muassa tiilikuvioitunut katelevy ja profiloitunut poimulevyt, joita on erilaisia. Alustaan kiinnittäminen tapahtuu poimujen kohdalta tiivisteruuveja käyttämällä. Saumat limitetään ja sen lisäksi voidaan käyttää tiivistenauhaa. Muotopeltikatteen alustana käytetään harvaa laudoitusta, joka määräytyy peltikatteen jäykkyyden perusteella.

Muotopeltikatteiden ruuvirei'istä ja saumoista tulee helposti sadevettä, joten katteen alla tulee olla aina aluskate. Tässä tilanteessa tuuletusväli tehdään aluskatteen yläpuolelle. (RIL 255-1-2014, s. 105)

Tiilikatetta asennettaessa on aina käytettävä aluskatetta, sillä tiilikatteen saumoista on mahdollista pienet vesivuodot ja lumen pääsy yläpohjarakenteisiin. Saumoista tapahtuu pientä tuulettumista, mutta talvisin lumi voi tukkia tämän tapahtuman. Erityisen tärkeää tiilikatteissa on järjestää hyvä ilmanvaihtuminen aluskatteen alta ja sen päältä. (RIL 255-1-2014, s. 106)

Kermikatteet kestävät yleisesti hyvin vedenpainetta. Kermikatteet asennetaan kerroksittain, jolloin bitumia käytetään kermien saumaamiseen ja liimaamiseen yhteen. Alustaan kermi voidaan kiinnittää käyttämällä naulausta, piste- tai raitaliimausta bitumilla tai liimata kermi kauttaaltaan bitumilla. Naulauslinjojen päälle laitetaan aina kermisuikale tai kermi limitetään. Alustaan kiinnityksessä tulee huomioida, ettei alustassa olevien saumojen mahdolliset liikkeet rasita yläpuolisia kermejä. Ylösnostot ankkuroidaan liimauksen lisäksi aina naula- tai ruuvikiinnityksellä. Kermikatteisiin tehdään UV-suojaus sirotteella tai käyttämällä erillisiä suojakiveyksiä. (RIL 255-1-2014, s. 102)

Viherkattoja voidaan käyttää esteettisestä, terveydellisestä tai toiminnallisesta näkökulmasta. Ne auttavat hulevesien käsittelyssä ja kaupunkialueilla vaimentavat melua. Erilaisia viherkattotyyppisiä on monenlaisia kuten esimerkiksi maksaruohomatto, heinäkatto ja kunttakatto. Viherkattotyypin valintaan vaikuttavaa katon kaltevuus. Viherkaton suunnittelussa on otettava huomioon tulevat kuormitukset, olosuhteet, jotka viherrakenteet vaativat sekä rakennetekninen toimivuus. Vedeneristeeseen voi tulla vaurioita muodonmuutoksesta alustan kuormituksen seurauksena. Läpiviennit suositellaan keskitettäväksi. (Kattoliitto ry, 2022, s. 43)

Lasirakenteisia kattoja käytetään esimerkiksi julkisten rakennusten aulatiloiissa. Lasirakenteissa tärkeintä on huomioida rakenteen kantavuus ja kestävyys. Suomessa käytetään kantavina rakenteina suorina tai taivutettuja metallipalkkeja. Palkkien yläpinnassa on alumiiniset kiinnitysprofilit, johon lasit kiinnitetään. Lasien ja runkorakenteiden sadetiivistysmateriaalin tulee kestää Suomen lämpötilavaihtelut sekä UV-säteilyn. Lasikaton lämmöneristävyys on muihin kattorakenteisiin verrattuna huono. Lunta voidaan sulattaa katon päältä sähkölämmitteisillä lasilla. Tällöin myös lumesta tuleva sulamisvesi johdetaan lämmitettyjä reittejä pitkin pois, jottei sulamisvesi jäädy lasikaton kylmille pinnoille. Lasin

sisäpintaan syntyvän kosteuden tiivistymistä voidaan ehkäistä myös sähkölämmitteisillä lasella tai lämminilmapuhaltimilla. (RIL 255-1-2014, ss. 112–113)

4 Tutkimuksen tausta ja toteutus

Opinnäytetyön lähtökohtana hyödynnettiin työelämästä saatua tutkimusongelmaa. Opinnäytetyössä haettiin vastausta tutkimuskysymykseen eri olemassa olevien aineistojen ja haastattelujen avulla. Opinnäytetyön aineistona käytettiin kirjallisuutta, johon valikoitui pääasiassa tutkimusartikkeleita. Aineistoksi pyrittiin etsimään artikkeleita, joiden tutkimustieto oli tehty Suomessa tai Pohjoismaissa, jotta ne olivat Suomen ilmasto-olosuhteisiin sopivia. Näin ollen tutkimustietoa voitaisiin hyödyntää tarvittavalla tavalla ja tulokset olivat luotettavampia. Eri aineistojen pohjalta käytiin läpi yläpohjarakenteiden suunnittelu nykyisin ja rakennusmääräykset eri osa-alueisiin liittyen. Tutkimusartikkeleita ja muuta dataa hyödyntäen laskelmoitiin tulevaisuuden mitoitusarpeet.

Eri katemateriaalit käsiteltiin materiaalivalmistajien kyselyn perusteella. Kyselyssä haettiin vastausta katemateriaalien suunnitteluun ja kestävyteen eri ilmatoriskien osalta. Tutkimusten, kirjallisuuden ja materiaalivalmistajien tietojen avulla pyrittiin selvittämään yläpohjan tulevaisuuden tarpeet muuttuvalle ilmastolle ja vertaamaan niitä nykyisiin mitoituksiin, asennuksiin ja määräyksiin. Työssä käsiteltiin yläpohjarakenteelle tyypillisiä ilmatoriskejä kuten sateen vaikutus, suurenevat lämpötilakuormat, lumikuorman muutos sekä puuskatuulien vaikutus.

5 Harja- ja pulpettikatto muuttuvissa ilmasto-olosuhteissa

5.1 Kantavat rakenteet

Kattoristikkoa käytetään yläpohjan kantavana rakenteena, jonka tarkoituksena on ottaa vastaan yläpohjalle määrätyt kuormat, kuten esimerkiksi lumikuorma. Kattoristikko on ristikkokokonaisuus, joka tehdään naulalevyrakenteista. Naulalevy rakenne on puurakenteinen kokonaisuus, joka koostuu naulalevyistä ja mitallistetusta sahatavarasta. Naulalevyrakenteista harjaristikkoa käytetään eniten. Kattoristikoiden suunnittelu tehdään eurokoodi 5:n perusteella. Ristikot ottavat vastaan vain pystysuorassa tulevia kuormia eikä niihin suunnitella ylimääräistä kantokykyä. Yläpohjan levytykset ja vinositeiden tehtävä on ottaa vastaan muut voimat, jotka kattoon kohdistuvat. Naulalevyrakenteissa sivusuuntainen

jäykkyys on huono, joten niiden tuenta poikkisuuntaan on suunniteltava hyvin. Kattoristikoon vaikuttavat seuraavat kuormat: Yläpaarrekuorma, jossa huomioidaan katemateriaali ja sen rakenteet, alapaarrekuorma, johon lukeutuu eriste ja alakattorakenteet, hyötykuorma, lumikuorma, kinoslumikuorma, ristikon omapaino, pistekuormat ja tapauskohtaisesti voi olla muita lisäkuormia. Pulpettikatossa käytetään pulpettiristikkoa, jolloin katto kaataa ainoastaan toiselle puolelle. Pulpettiristikoista voidaan muodostaa harjaristikko leveisiin rakennuksiin, kun halutaan kantava linja keskelle rakennusta. Näin ollen ristikoiden asennus on helpompaa verrattuna pitkään yhtenäiseen harjaristikoon. Pulpettiristikkoa käytetään myös silloin kun halutaan kattolappeiden yläosat eri korkeudelle toisiinsa nähden. (Mylly, 2022, ss. 296, 299–300, 302–303)

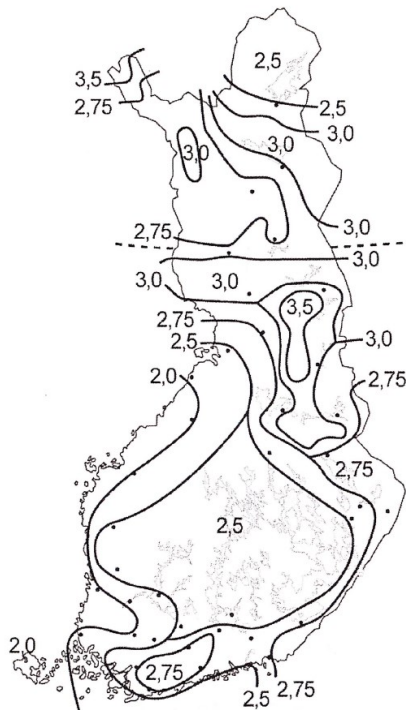
Ilmaston muuttuessa on odotettavaa, että nykyisin käytettävät lumikuormat tulevat muuttumaan. Ruotsissa on tehty tutkimus koskien Pohjois-Euroopan muuttuvia lumikuormia. Tutkimuksessa keskityttiin tutkimaan kuinka ilmastonmuutos vaikuttaa lumikuorman ominaisarvoihin, joita rakennesuunnittelussa käytetään. Tutkimuksessa on käytetty RCP2.6, RCP4.5 ja RCP8.5 päästöskenaarioita. Päästöskenaarioita käytettiin kahteen ajanjaksoon: 2030–2079 sekä 2050–2099. Tutkimuksessa huomattiin, että suurin lumikuorman kasvu on RCP4.5-skenaariossa, vaikka RCP2.6-skenaariossa ilmaston lämpötilan nousu on pienempi. Tästä voidaan todeta, että pelkästään lämpötilan odotettu nousu ei yksinään lisää lumen määrää alueilla vaan siihen vaikuttaa myös ennustettu sademäärä. (Ivanov ym., 2022, ss. 3–4)

Suomen etelä- ja länsiosassa lumen määrän odotetaan vähenevän nykyisestä, kun taas pohjois- ja itäosissa lumimäärän odotetaan kasvavan. Lumikuormat vähentyivät alhaisempien päästöskenaarioiden mukaan, mistä voidaan päätellä, että vähentämällä kasvihuonepäästöjä, lumikuormat voivatkin olla korkeammat, eikä lumi välttämättä sada pelkästään vetenä. Muuttuvien lumimäärien suhteen, Suomen etelä- ja länsiosan alueilla ei odoteta olevan vaikutusta katon kantavuuden turvallisuuden suhteen. Lumikuormien ominaisarvojen kasvu näkyy kaikissa tutkittavissa ilmastoskenaarioissa, mutta eniten RCP4.5-skenaariossa. Kasvua havaitaan jopa RCP8.5-skenaariossa vaikka ilman lämpötila tässä skenaariossa odotetaan nousevan merkittävästi etenkin talvella. Lumikuorman kasvun odotetaan olevan 30-40% Suomen pohjois- ja itäosassa, mikä vaikuttaa rakenteiden turvallisuuteen jo merkittävästi. (Ivanov ym., 2022, ss. 2, 7)

Suomessa maanpinnan lumen ominaisarvot vaihtelevat välillä 2,0–3,5 kN/m². Tarkemmat arvot sijaintikohtaisesti voidaan nähdä alla olevasta kuvasta 4, jota käytetään tällä hetkellä mitoituksen apuna. Normaalisti vallitsevissa tilanteissa katon lumikuorma lasketaan:

$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$, jossa μ_i = katon lumikuorman muotokerroin, C_e = tuulensuojaisuuskerroin, C_t = lämpökerroin ja s_k = ominaisarvo maanpinnan lumikuormasta. Suomen itäosassa vesikaton lumikuorma vaihtelee kaavalla laskettuna välillä 1,6–2,4 kN/m² ja pohjoisosassa välillä 2–2,8 kN/m², kun C_e ja C_t arvoina käytetään 1 ja μ_i arvona on 0,8. Tutkimuksessa todettiin lumikuorman kasvun olevan 30–40 % tulevaisuudessa. Jos lisätään pahin eli 40% kasvu Itä-suomen lumikuormaan olisi sen vaihteluväli 2,24–3,36 kN/m². Pohjois-Suomen lumikuormassa kasvu näkyisi välillä 2,8–3,92 kN/m². Tästä huomataan, että lumikuorman kasvu voi olla jopa yli 1 kN/m² verran.

Kuva 4 Maan pinnalla olevan lumen ominaisarvot nykyisin (Ympäristöministeriön asetus 6/16 lumikuormia koskevista kansallisista valinnoista sovellettaessa standardia SFS-EN 1991-1-3).



Kuormien laskentaan lisätään osavarmuuskerroin, jonka arvo riippuu rakennuksen käyttöluokasta sekä onko kuormitusyhdistelmäksi valittu lumikuorman olevan määräävä muuttuva kuorma vai muu samanaikainen muuttuva kuorma. Jos lumikuorma on määräävä voi osavarmuuskerroin olla väliltä 1,35–1,65, riippuen rakennuksen seuraamusluokasta. Lumikuorman ollessa samanaikainen muuttuva kuorma on osavarmuuskerroin tällöin välillä 0,945–1,155. Lumikuorman ollessa määräävä, osavarmuuskertoimen avulla yläpohja pystyy niukasti kannattelemaan tulevaisuuden lumikuorman. Lumikuorman ollessa muuttuva kuorma, yläpohjan kantavuus lumikuorman osalta on liian alhainen. Katon kantavuutta

kuitenkin lisäävät muuan muassa yläpohjan omapainon osavarmuuskertoimet. Toisen sukupolven eurokoodi tulee ottamaan huomioon lisääntyvän lumikuorman.

Nykyisin käytetään usein lumiesteitä koko katon lappeen osalta, jotta lumi ei putoa hallitsemattomasti katolta. Harjakatoissa lumikuorma jakaantuu kahdelle lappeelle, mutta pulpettiristikossa lumi kasaantuu vain yhdelle lappeelle, jolloin kuormitus on suurempi. Varsinkin lumiesteitä käytettäessä lumi pääsee kinostumaan vain yhdelle lappeelle ja koko katon lumi kerääntyy yhdelle seinälinjalle. Pohjois- ja itä-Suomessa korostuukin lumien pudottelu katoilta etenkin jos sääolosuhteet menevät plussan puolelle, jolloin pakkaslumesta tulee painavampaa märkää lunta.

5.2 Kosteustekninen toimivuus

Jyrkissä katoissa käytetään yleensä tuulettuvia rakenteita. Kuvasta 5 voidaan tarkastella jyrkkien kattojen tuuletuksen mitoittamiseen käytettäviä ohjeita. Nykymääräysten mukaan tuuletusväli suunnitellaan vähintään 100 mm korkeaksi, kun katon kaltevuus on 1:10 tai enemmän. 200 mm tuuletusväliä käytetään 1:10–1:20 kaltevilla katoilla. Korvausilma-aukot sijoitetaan alaräystään alle, jotta ne ovat mahdollisimman alhaalla. Poistoilma-aukot sijoitetaan taas mahdollisimman korkealle yleensä harjalle. (RIL 107-2022, s. 142)

Kuva 5 Jyrkkien kattojen tuuletuksen ohje mitoittamiseen (Kattoliitto ry, 2022, s.64).

Kattokaltevuus	min. tuuletusväli ¹⁾	ilmanottoaukot promillea/katto-m ²	poistoaukot promillea/katto-m ²
1:10 tai jyrkempi	100 mm	2,0	2,0
1:10–1:20	200 mm	2,5	2,5

Suomessa on toteutettu FRAME-tutkimusprojekti vuosina 2009–2012, jossa tutkittiin muun muassa lämmöneristyksen lisäämisen ja ilmastonmuutoksen vaikutusta yläpohjarakenteisiin. Ilmanvaihdon kasvattaminen auttaisi tilanteissa, joissa rakennusaikaista kosteutta on havaittu enemmän kuin yleensä tai suurin osa kosteuskuormasta tulee yläpohjarakenteeseen diffuusion avulla sisäilmasta. Myös vesikaton sadevuotojen kuivattamiseen auttaa parempi yläpohjan ilmanvaihto. Ulkoilman ollessa suurin kosteuslähde, olisi parasta estää ulkoilman pääsy yläpohjaan, jotta kosteuskuorma pienenesi. Monet eri ilmiöt vaikuttavat kuitenkin yläpohjarakenteeseen samanaikaisesti, jolloin ilmanvaihdon määrittäminen on vaikeaa. Kantavat rakenneosat kattoristikosta ovat ulkoilman kanssa kosketuksessa, mutta ne ovat sateelta suojassa. Yläpohjan välitila toisaalta ei vastaa ulkoilmaa, vaan siihen vaikuttaa myös

lämpövuodot sisätiloista, säteilykomponentit ja ulkoilman olosuhteet. Jos ulkoilman olosuhteet muuttuvat paremmaksi homeen kasvun kannalta, ei tulevaisuudessa ole hyödyllistä tuulettaa yläpohjaa ulkoilmalla. (Vinha ym., 2013, s. 190)

Yläpohjan ilmanvaihtuvuusarvot vaihtelevat eri tutkimuksissa. Tuulen ollessa 3,5 m/s ilmanvaihtuvuus tuulettuvassa yläpohjassa on ollut 2–15 l/h. Erilaisilla rakenteellisilla muutoksilla voidaan vaikuttaa yläpohjan kosteustekniseen toimivuuteen. Jos yläpohjarakenteeseen ei ulkoilman lisäksi kohdistu muita kosteuskuormia, yläpohjarakennetta voidaan tarkastella lämpötilojen avulla. Yläpohjan suhteellista kosteutta voidaan alentaa saamalla yläpohjasta tarpeeksi lämmin. Lämpötilaa voidaan nostaa esimerkiksi vähentämällä lämmöneristettä, hallita ilmavirtoja eri lailla sekä lisäämällä lämmöneristettä rakenteen ulkopinnalle. Yläpohjan kosteusteknistä toimintaa on haastava parantaa, koska ristikkorakenteet sijaitsevat tuuletustilan lämpimällä sekä kylmällä puolella. Yläpohjan kosteustekniseen toimintaan vaikuttaa myös aluskatteen lämmön- ja vesihöyrynvastus sekä emissiviteetti. Teoreettisesti alhaisempi aluskatteen vesihöyrynvastus auttaa poistamaan rakenteeseen tulevaa kosteutta paremmin kuin vesihöyryvastuksen ollessa korkeampi. Tällöin miinuksena on, että ulkoilmasta tuleva kosteus pääsisi helpommin alapuolisiin rakenteisiin. Aluskatteen lämmönvastusta kasvattamalla saataisiin pienennettyä alapuolisten rakenteiden lämpövirtaa, mutta se estäisi auringonsäteilyn pääsyn rakenteisiin, jolloin sen lämmittävä vaikutus estyisi. (Vinha ym., 2013, ss. 191–192)

Frame-tutkimuksessa tutkittiin tuulettuvan yläpohjan kosteusteknistä toimivuutta nykyilmastossa sekä myös tulevaisuuden ilmastossa vuosina 2050 ja 2100. Tutkimuksessa tarkasteltiin kahden olemassa olevan tutkimuksen saamia tuloksia ja tehtiin niiden pohjalta laskentatarkastukset. Tuloksista saatiin selville, että riski homeen kasvulle on suurempi pohjoispuolen kattoa tai muuten varjoa saavalla katolla eteläisen lappeen puolelle verrattuna. Tuulettuvan yläpohjan yläosa on homeen kasvulle kriittisempi kuin itse lämmöneristeen yläpinta. Yläpohjan homehtumisriskiä kasvattaa muuttuva ilmasto ja tiukentuvat U-arvot. Homeindeksi kasvoi nykyilmastossa sekä tulevaisuuden ilmastossa, joten tämä viittaa siihen, että nykyisten yläpohjien riski homeelle myös kasvaa. Kosteusteknisen toimivuuden kannalta ei ollut hyötyä käyttää matalaemissiviteettipintaista aluskatetta. (Vinha ym., 2013, ss. 203–204)

Yläpohjarakenteen sisäpinnalla olevaa vesihöyryvastusta suurentamalla homeindeksin maksimiarvo yläpohjassa pieneni tai jatkui ennallaan. Tietyissä tapauksissa tuulettusta kasvattamalla voitiin kompensoida sisäpinnan vesihöyrynvastusta, jolloin korkeampi määrä ulkoilmavirtaa siirtää sisätiloista tulevaa kosteutta pois. Jossain tapauksissa tuuletuksen

kasvattaminen heikensi olosuhteita yläpohjarakenteissa, joten varmin toimenpide olosuhteiden parantamiseksi yläpohjassa on lisätä vesihöyrynvastusta sisäpinnalla. Nykyisessä ja tulevaisuuden ilmastossa saatiin lämpöä eristävällä aluskatteella yläpohjarakenteen olosuhteet homeindeksin raja-arvon alapuolelle. Suositus aluskatteen lämmönvastukseksi on 0,4–0,6 m²K/W, mikä tarkoittaa nykyisessä käytössä olevilla lämmöneristetuotteilla noin 20–30 mm paksua lämmöneristelevyä. Yläpohja tulisi peittää lämmöneristyksellä kokonaan. Tutkimuksessa tehtyjen laskelmien perusteella saatiin yläpohjan optimaaliseksi ilmanvaihtuvuudeksi 0,5–1 l/h, joten yläpohjan ilmanvaihtuvuus ei saa olla liian suuri tai pieni. (Vinha ym., 2013, ss. 204–205)

Tulevaisuudessa yläpohjan homehtumiselle on siis suuri riski. Tuulettumisen lisääminen ei auta korjaamaan tilannetta, sillä ulkoilman kosteus on tulevaisuudessa korkea. Lämpöä eristävää aluskatetta käytettäessä voitaisiin saada yläpohjan olosuhteet toimivaksi, mutta Suomessa tällaista aluskatetta ei ole vielä käytössä. Talviolosuhteissa lämpöä eristävää aluskatetta voisi olla ideaali, sillä lämpöhukka voisi olla matalampi. Kesällä yläpohjan lämpötila voi helteellä nousta korkeaksi, jos lämpöä eristävää materiaalia on tuulettuvan tilan molemmin puolin. Tämä tilanne voi lämmittää sisälämpötilaa, etenkin jos yläpohjan lämmin ilma ei pääse iltaisin vaihtumaan viileämmäksi tarpeeksi nopeasti. Sisälämpötilojen nousu liian korkeaksi kesäaikaan on myös yksi ilmatoriski.

5.3 Vedenpoisto

Harjakaton lappeen molemmin puolin asennetaan räystäskourut ja syöksytorvet keräämään katolta valuvaa sadevettä hallitusti syöksytorven päässä oleviin vesiuomiin, sadevesiviemäriin tai imeytykseen. Räystäskourujen ja syöksytorvien tehtävänä on estää sadeveden roiskuminen perusmuuriin ja ulkoseinille. Räystäskourut asennetaan nykyisin seinälinjan ulkopuolella oleviin räystäisiin. Tarvittaessa kouruihin ja syöksytorviin voidaan asentaa sulatuskaapeli estämään umpeen jääntymistä. Kourut suunnitellaan ja asennetaan siten, että ylivuotava vesi valuu kourun etureunasta yli. (RT 85-11020, 2011, s. 1)

Räystäskouruina käytetään puolipyöreää tai kulmikasta muotoilua. Puolipyöreä kestää paremmin korroosiota ja on muutenkin parempi toimivuuden kannalta. Räystäskourun mitoittamiseen vaikuttaa vesikaton pinta-ala. Kourun poikkipinta-ala määräytyy vaakasuoran lappeen projektioalan mukaisesti. Räystäskouru kallistetaan syöksytorveen päin. Yleensä käytetään kallistukseen arvoa 5 mm/m. Kourun koko ei ole niin tärkeä kuin syöksytorvien koko, sillä kourujen tehtävä ensisijaisesti on ohjata vettä eikä toimia viivytyksalanaan. Räystäskourujen koko voidaan pitää pienenä, jos syöksytorvia on riittävä määrä ja ne ovat

oikean kokoisia. Alla olevasta taulukosta 1 nähdään tämänhetkinen ohje räystäskourujen mitoittamiseen. Ensin selvitetään lappeen pinta-ala, jolloin taulukosta voidaan valita lappeelle sopivan kourun halkaisija. (RT 85-11020, 2011, ss. 5–6; Sadex, n.d., s. 2)

Taulukko 1 Räystäskourujen mitoitusohje (RT 85-11020, 2011, s. 6).

lappeen vaakasuoran projektion ala enintään (m ²) ¹⁾	räystäskourun poikkipinta-ala (mm ²)	puolipyöreän kourun halkaisija (mm)
40	3900... 6100	100...125
80	6100... 8800	125...150
150	8800...12000	150...175
230	12000...15700	175...200

¹⁾ yhtä kourun kaatoa kohti. Kaadon matka on yleensä alle 10 m.

Syöksytorvien mitoittamiseen vaikuttaa vesikaton pinta-ala. Syöksytorvien maksimiväli saa enintään olla 20 metriä eli kourun kaatomatka ei saisi ylittyä yli 10 metrillä. Alle 100 mm halkaisijaltaan olevaa syöksytorvea ei suositella käytettäväksi. Syöksytorvesta vesi johdetaan rännikaivoa pitkin sadevesiviemäriin. Alla olevassa taulukossa 2 on ohje syöksytorvien tämänhetkiseen mitoittamiseen. Ensin selvitetään lappeen pinta-ala, jolloin voidaan taulukosta valita syöksytorven halkaisija. (RT 85-11020, 2011, s. 6; Sadex, n.d., s. 4)

Taulukko 2 Syöksytorven mitoitusohje (RT 85-11020, 2011, s. 7).

lappeen vaakasuora projektion ala, enintään (m ²) ¹⁾	syöksytorven poikkipinta-ala (mm ²)	pyöreän syöksytorven halkaisija (mm)	kulmikkaan syöksytorven mittoja, esimerkkejä
80	4400... 7900	75...100 ²⁾	100 x 75, 120 x 80
150	7900...12300	100...125	120 x 100, 120 x 120
230	12300...17700	125...150	150 x 150

¹⁾ yhtä syöksytorvea kohti.

²⁾ alle 100 mm:n syöksytorvia ei yleensä tule käyttää.

Kattokourujen ja syöksytorvien mitoituksen riittävyyden laskemiseen on käytetty ilmatieteenlaitokselta saatavia sademäärän laskelmia rakennusfysiikan mitoitusvuodet 2022. Tulevaisuuden ajanjaksot on jaoteltu kolmeen vertailuvuoteen: jakso 2015–2044, jonka keskipisteenä on vertailuvuosi 2030, jakso 2035–2064, jonka keskipisteenä on vuosi 2050 sekä jakso 2065, jonka keskipisteenä on vuosi 2080. Jokaiselle jaksolle on tehty kolme vaihtoehtoista RCP-skenaariota. Alla olevaan taulukkoon 3 on kerätty jokaisen RCP-skenaariota ja sen ajanjakson suurin ennustettu sademäärä mm/h. (Ilmatieteen laitos, n.d. -b)

Taulukko 3 Suurin sademäärä (mm/h) eri ajanjaksoilla

Vantaa				
RCP-skenaario	Jakso 2015–2044	Jakso 2035–2064	Jakso 2065–2094	
RCP2.6	14,93	14,9	15,32	mm/h
RCP4.5	14,55	14,92	15,44	mm/h
RCP8.5	15,14	14,8	15,02	mm/h

Kuten aiemmin todettiin syöksytorvien halkaisija on tärkeämpi kuin itse kourujen. Kouruissa tärkeämpää on kourun kaltevuus, jotta se kaataa tarpeeksi syöksytorviin päin. Tietysti kourut eivät saa olla liian pienet, jotta rankkasateella kourut eivät täyty ja tulvi yli. Tässäkin korostuu syöksytorvien kyky kuljettaa vettä sadevesikaivoihin. Pulpettikatossa sadevedenpoistoja on vain lappeen toisella puolella, jolloin kouruja on vain yksi. Projektiopinta-ala on tietysti isompi, jolloin käytetään halkaisijaltaan suurempia syöksytorvia ja kouruja.

Syöksytorvien kapasiteetit löytyvät standardista SFS-EN 12056-3. Valitaan tarkasteluun minimihalkaisija syöksytorveen eli 100mm. Standardin mukaan 100 mm halkaisijan syöksytorven kapasiteetti on täyttösuhteesta riippuen joko 4,6 l/s tai 10,7 l/s. Täyttösuhde kertoo kuinka suuri osa putken poikkileikkauspinta-alasta täyttyy vedellä. Valitaan tarkasteluun kapasiteetiksi pienempi arvo eli 4,6 l/s. Taulukosta 3 valitaan suurin sademäärä, joka on 15,44 mm/h RCP4.5-skenaariolla jaksolla 2065–2094. Kun tarkastellaan syöksytorvea tasaisella sateella, 150 m² lappeen alalla sademäärä olisi 38,60 l/min eli 0,64 l/s. Syöksytorven kapasiteetti olisi tuohon määrään riittävä. (SFS-EN 12056-3:2001, s. 24)

Rankkasateella voi sataa kerralla suuriakin määriä. Ilmasto-opas.fi sivustolta löytyy lyhytkestoisten sateiden rankkuus- ja toistuvuusaikakuvaaja, josta voidaan katsoa rankkasateiden sademäärä eri vuosikymmeninä. Kuvaajan toistuvuusarvot rankkasateiden suhteen perustuvat ennen 1969 tehtyihin mittauksiin, joten sademäärät ovat tämän jälkeen jo muuttuneet. Ilmatieteen laitos on kuitenkin tehnyt kuvaajan luotettavuudesta tutkimuksen vuonna 2016, jossa todetaan, että kuvaaja on vielä voimassa. Kuvaajaa ei kuitenkaan ole

tehty RCP-mallien perusteella tulevaisuuden ilmastoille. Jos halutaan kuitenkin tarkastella esimerkiksi kerran 10 vuodessa tapahtuvaa rankkasadetta, jolloin ilmasto-oppaan taulukon perusteella suurin sademäärä olisi 1,5 mm/min. 150 m² alalla tämä olisi 225 l/min eli 3,75 l/s. Kerran 10 vuodessa tapahtuviin rankkasateisiin syöksytorven riittävyys siis olisi vielä sopiva, mutta jos sademäärä tulevaisuudessa lisääntyy, odotettavissa on myös rankkasateiden voimistuminenkin. Syöksytorvessa on kuitenkin vielä 0,85 l varaa, joten ne voisivat vielä riittää tulevaisuudessa. Halkaisijaltaan 100 mm syöksytorvi on kuitenkin minimivaatimus 150 m² projektioalan katolle, joten jos asennetaan 125 mm syöksytorvi voisi sen olettaa riittävän myös tulevaisuudessa. Rankkasateiden intensiteetti kuitenkin kasvaa toistuvuusajasta riippuen, joten esimerkiksi kerran 30 vuodessa tapahtuvan rankkasateeseen kapasiteetti ei välttämättä tule riittämään. (Ilmasto-opas, n.d.; Saku ym., 2016, s. 10)

5.4 Katemateriaalit ja kiinnitys

Liitteessä 1 oleva kysely lähetettiin pelti-, tiili, ja kermikatteen sekä viherkattojen valmistajille. Kysymyksiin 1–7 vastaaminen oli pakollista. Tässä luvussa käsitellään vastaukset ensimmäisiin pakollisiin kysymyksiin. Luvussa myös käsitellään harja- ja pulpettikatoille tyypilliset katemateriaalit eli pelti- ja tiilikate sekä viherkatto.

5.4.1 Materiaalivalmistajien kyselyiden tulokset

Katemateriaaleissa tulevaisuuden ilmastonmuutos huomioidaan esimerkiksi valitsemalla pinnoitteita, joiden lämpötilan kesto on riittävän korkea sekä kiinnittämällä huomiota korroosionestoon ja UV-luokitukseen. Teräsmateriaaleissa käytetään pinnoitteita, joilla on riittävän korkea lämpötilan sieto. Käyttölämpötilat muutamalla pinnoitteella vaihtelevat 90–100 celsiusasteen välillä. Vastaaja myös mainitsee, että heillä ei ole käytössä pinnoitteita, jotka eivät olisi ominaisuuksiltaan riittäviä tulevaisuuden olosuhteisiin. Tuotteiden vedenpitävyyteen on erityisesti kiinnitetty huomiota sekä jatkuvassa tuotekehityksessä huomioidaan tulevaisuuden ilmasto. Eräs vastaaja myös vaatii ruuvi- ja muoviosien toimittajilta parempia teknisiä ominaisuuksia ja pintakäsittelyjä. Tulevaisuudessa vesitiiviys, lämpötilojen kestävyys ja UV-kestävyys korostuvat, mikä on jo otettu huomioon materiaaleissa. Standardeissa näihinkin on minimivaatimukset. Vastaajan edustaman yhtiön valikoimasta löytyy nykyisin tuotteita erilaisiin ilmasto-olosuhteisiin, ja näin ollen he kokevat, etteivät kohonneet lämpötilat, sademäärät ja lumikuormat vaikuttaisi valmistamiinsa tuotteisiin. Muutokset olisivat enemmän merkittävimpiä rakenteille ja niiden toimivuudelle.

Yksi vastaajista myös huomioi, että samantyyllisiä katemateriaaleja käytetään kuumemmissa olosuhteissa, eikä näkisi ongelmaa Suomessa liiallisen lämpökuorman kanssa.

Lumikuorman suurenemisen osalta katemateriaalivalmistajat kokevat tämän kuuluvan enemmän rakennesuunnittelijalle pois lukien kantavien poimulevyjen suunnittelu. Alusrakenteiden osalta edellytetään ruodelautojen olevan tietyn paksuisia, mutta tämänhetkiset ruodepaksuudet perustuvat eurokoodin mitoitusohjeisiin. Erään vastaajan mukaan työmaalla voidaan useinkin poiketa suunnitelmista tinkimällä ruodelautojen paksuudesta. Kahden yhtiön edustajat vastasivat, että suurenevat lumikuormat ovat huomioitu kattoturvatuotteiden asentamisessa. Eräs yhtiö edellyttää myös esimerkiksi tuuletusputkilta tiettyä pituutta. Eräs vastaaja mainitsee myös, että lunta tulee poistaa katoilta myös nykyisillä lumimäärillä sekä, että pienet rakennukset kestävät suurempaa lumikuormaa paremmin kuin hallirakennukset. Vastaaja myös toteaa pientalojen katolla heikoimpana lenkinä kattoturvatuotteet.

Kaikki vastaajat arvioivat, että katemateriaalin käyttöikä ei ole jouduttu lyhentämään ilmastonmuutoksen seurauksena. Eräs vastaaja mainitsee, että teräskatteiden teknistä ja esteettistä takuuta on nostettu korkeammaksi, sillä tuotteen pitkäaikaiskestoa on tutkittu. Eräs vastaajista myös huomioi, että kukaan ei voi täysin osoittaa materiaalin todellista käyttöikä, sillä siihen vaikuttaa itse materiaalin lisäksi myös suunnittelu, virheetön toteutus ja huolto käytön aikana. Pinnoitteita, jotka auttavat heijastamaan valoa ei ole pääosin käytetty. Eräs vastaaja kertoo, että trendit ovat suosineet mattapintaisia pinnoitteita ja vaatimukset markkinoilla ajavat koko ajan enemmän mattapintaisempaan päin. Eräs vastaaja huomioi, että valoa heijastavia pinnoitteita on jo olemassa, mutta epäselvää on se, että pitäisikö Suomessa suosia tummaa vai vaaleaa katemateriaalia. Valon heijastumiseen voidaan vaikuttaa katemateriaalin värillä, mutta katon väriä harvoin valitaan tämän perusteella. Suurin osa vastaakin, että katemateriaalin värinä harvemmin valitaan vaaleapintaisia materiaaleja. Tällä hetkellä tummat pinnat ovat trendi ja muiden värien menekki on laskenut viimeisen 20 vuoden aikana. Muutama vastaajista myös arvioi, että tummalla katemateriaalilla ei ole Suomessa vaikutusta, sillä lämmöneristekerrokset ovat paksut ja lämmitystarve vuosisatasolla on suurempi kuin jäähdytys.

Kaikkien vastaajien mielestä muuttuvat ilmasto-olosuhteet huomioidaan erilaisten asentamisten osalta. Etenkin aurinkopaneelien asentamisessa kiinnitetään huomioita antamalla ohjeistuksia paneelien asennukseen, jotta tarvittavat takuut pysyvät voimassa eikä kattopinnoite kärsi asentamisen yhteydessä. Myös kuluttajia on ohjeistettu pitämään aurinkopaneelien alustat puhtaana, jotta katemateriaali ei pitkäkestoisesti pysy märkänä.

Myös voimakkaat tuulet huomioidaan aurinkopaneelien asennuksissa. Eräs vastaajista mainitsee, että viime vuosina ohjeistus erilaisten asennusten osalta on lisääntynyt ja muutaman talven suuret lumikuormat ovat nopeuttaneet ohjeistuksen laatimista. Vastaaja mainitsee, että ohjeistukseen ei taida olla tällä hetkellä mitään määräyksiä, vaan ohjeistukset perustuvat valmistajien suosituksiin.

Tulevaisuuden kattojen asentamisessa tulisi huomioida vesikaton ulkoiseen pitkäkestoiseen kosteudenhallintaan eli katteen kesto sadevesiä, lunta ja ulkopuolista kosteutta vastaan. Sademäärien ja ilmankosteuden lisääntymisen vuoksi, huomiota tulisi kiinnittää myös alusrakenteiden kosteudenhallintaan eli keskityttävä tuuletuksen kokonaistoimivuuteen ja tuuletusrakojen riittävyteen. Erään vastaajan mielestä huomiota tulisi kiinnittää koko katon elinkaareen, joka käsittää muuan muassa katon suunnittelun eri ääriolosuhteisiin, vähähiilisyyteen, kiertotalouteen, käyttöään päässä olevan katon hyödynnettävyyteen, lämpösaarekeilmion hillitsemiseen ja kattojen hyödyntäminen esimerkiksi aurinkovoimaloihin ja hulevesien viivytykseen. Ruoteiden ja välitilan riittävä tuuletus kuumempien ja kosteiden ajanjaksojen aikana tulee huomioida sekä kiinnittää huomiota työn laatuun ja kuivaketjun hallintaan.

5.4.2 Peltikatteen kyselyn tulokset

Peltikatteen kysymyksiin vastauksia saatiin kysymyksestä riippuen 2–3 kappaletta. Lämpötilamuutosten vuoksi pellin maksimipituutta ei ole jouduttu lyhentämään. Toinen vastaajista mainitsee, että maksimipituutta on jopa kasvatettu, jotta voitaisiin ehkäistä vuotoriskiä, joita jatkokset aiheuttavat. Kiinnitystapoja on myös kehitetty, jotta voitaisiin ehkäistä lämpöliikettä. Toinen vastaaja mainitsee, että itse lämpölaajeneminen ei rajoita pellin pituutta vaan muut käytännön asiat. Puuskatuulien osalta peltien kiinnityksiä ei ole tarkastettu, mutta tämä on tulossa tarkasteluun. Pelti on lujasti kiinni, jos se on ohjeiden mukaan laitettu ja vastaaja uskookin, että kattorakenteet pettävät ennemmin. Pellin limitysväliä ei ole tarkasteltu, mutta esimerkiksi toinen vastaajista mainitsee, että heidän kaikki limityspituudet ovat RT-kortin suosituksia suuremmat.

Peltikatteen pinnoitteissa käytetään pinnoitteita, joilla on hyvä lämpötilankesto, UV-luokitus ja korroosionesto. Läpivientien lisäeristyksestä on ollut keskustelua ja niiden kehityksestä vastaavat alihankkijat. Alihankkijoille annetaan aktiivisesti palautettu kehitysehdotuksista kuten esimerkiksi tiiveyden ja läpivientiputkien korroosion estosta. Tämän hetken trendi pellin värin suhteen on ennemminkin tummat värit, etenkin musta on tällä hetkellä suosituin väri. Värikyset menevät suosion mukaan. Yksi vastaajista kuitenkin arvioi, että vaaleammat värit

todennäköisesti lisääntyisivät. Vastaajat toteavat ilmastonmuutoksen vaikutuksia aluskateratkaisuihin, että aluskatteen tärkeys korostuu. Yhden vastaajan mielestä aluskatteessa ja alusrakenteissa pitäisi ottaa enemmän huomioon tulevaisuuden ilmasto-olosuhteet. Nykyisin ruodepaksumuksista tingitään paljolti ja aluskatteita asennetaan väärin, jotta kohteen toteutus on edullista. Kohde toimii nykyisin, mutta toimiiko kate koko käyttöikänsä, joka on 50–70 vuotta. Vastaaja myös arvelee, toimiikohan aluskate vielä tulevaisuudessa, ja hänen mielestään on valitettavaa, että aluskatevalmistajat eivät ota muuttuvia olosuhteita tosissaan.

Peltikaton kaltevuusvaatimuksen uudelleen mitoitusta ei vastaajien mielestä tarvita, vaikkakin muotiin on tullut yhä loivemmat kattoratkaisut, mikä on yhden vastaajan mielestä huonompi suunta katon toimivuuden kannalta. Tämänhetkiset ohjeet minimikaltevuuksille koetaan pääosin hyväksi. Kasvavia sademääriä on jo huomioitu sadevesijärjestelmän mitoituksessa ja kiinnikeratkaisujen toteuttamisessa. Pienempiä tuotteita on karsittu pois valikoimasta ja uudenlaisia kourumalleja kehitetään koko ajan suuremmalle poikkipinta-alalle. Syöksytorvien mitoitusta on pikkuhiljaa myös kasvatettu. Yksi vastaajista kuitenkin toteaa, että rankkasateella kourujen yli tulee vettä, mutta tällaisia sateita on harvemmin. Katot ja katemateriaalit kestävät hyvin myös pitkäaikaista sadetta, mutta suuremmissa lumisateissa on omat ongelmansa.

Vastauksista voidaan todeta, että peltikatteen osalta on muuttuvia olosuhteita otettu jo osittain huomioon muun muassa kiinnittämällä huomiota kiinnitystapoihin ja pinnoitteisiin. Katemateriaalin väri on hyvin paljolti kiinni sen hetkisestä trendistä, ja trendi on jo pitkään pysynyt tumman värisenä. Aluskatteen tärkeyden odotetaan tulevaisuudessa kasvavan ja aluskatevalmistajien toivottaisiin ottavan enemmän muuttuvat olosuhteet tosissaan. Vastauksissa toivottiin mietittävän kohteen toimivuutta myös tulevaisuudessa. Sadevedenpoistojärjestelmien osalta mitoitusta on jo kasvatettu.

5.4.3 Tiilikatteen kyselyn tulokset

Tiilikatteen kysymyksiin vastauksia saatiin osittain yksi ja osittain kaksi kappaletta. Vastaaja arvioi, että tiilikate ei ole hapertunut aiempaa voimakkaammin eikä pakkasrapautumista ole havaittu aiempaa enemmän. Ilmastonmuutos ei vaikuta tiilikaton toimintaan, jos katon kaltevuus ja aluskate on valittu oikein. Viistosateen osalta on kiinnitettävä huomiota aluskatteen toimintaan. Vastaaja suosittelee valitsemaan tiilikatteelle kiinteälle alustalle asennettavia aluskateratkaisuja, sillä tiilikatto on epäjatkuva kate ja sen vedenpitävyys on kiinni aluskatteessa. Toinen vastaajista arvioi tiilipintojen kasvuston lisääntyvän ja toinen

arvio tilanteen pysyvän samana. Tiilikattoa tulee jatkuvasti huoltaa jo nyt ja kasvustot poistaa tarpeeksi ajoissa etteivät ne aiheuta ongelmia. Jatkuvasti kehitetään uusia keinoja, jottei kasvustoja muodostuisi. Jatkossa arvioidaan, että tiilikaton aluskatteen tärkeys korostuu ja yläpohjan tuulettavuus voi tuottaa uusia haasteita.

Vastauksista voidaan todeta, että itse tiilikatteeseen ei odoteta kohdistuvan suuria ilmastoriskejä tulevaisuudessa. Enemmän aluskatteen toimivuus korostuu. Tiilikatteen käytönaikainen huolto korostuu, jotta kasvustot saadaan ajoissa putsattua katteesta. Tähänkin suunnitellaan jatkuvasti uusia keinoja kasvuston muodostumisen estämiseksi. Tulevaisuudessa koetaan, että tuulettavuus tuo haasteita.

5.4.4 Viherkaton kyselyn tulokset

Viherkaton kysymyksiin vastauksia saatiin kaksi kappaletta. Vastaajan kokemuksen mukaan viherkattojen toimivuutta asennuksen jälkeen seurataan vähän ja katon hoitoa laiminlyödään. Kasvien pärjääminen Suomen olosuhteissa vaatii viherkaton ylläpitohoitoa. Viherkatolle tulee suorittaa huoltotoimenpiteitä kuten sadevesikourujen ja kaivojen puhdistamista sekä tarkastaa ylösnostot ja läpiviennit. Viherkatolle myös valitaan Suomen olosuhteisiin soveltuvat kasvit.

Viherkaton kasvillisuuden ylläpitotarpeisiin ja tekniseen elinkaareen koetaan lisääntyvän sade- ja lumimäärän olevan vaikutusta. Vedeneristeiden osalta ei, sillä ne ovat rakenteessa suojattuna. Vastaaja toteaa, että lumi suojaa viherkattoa ja sen avulla kasvit talvehtivat paremmin. Huoltotarpeen koetaan lisääntyvän, sillä sadevesi voi lisätä eroosiota. Teknisen elinkaaren odotetaan jatkuvan, jos viherkattoa huolletaan normaalin viheralueen tapaan. Vedenpoiston riittävyys täytyy huomioida myös nykyisin suunnittelussa. Viherkatoilla tulee olla riittävä kaltevuus, jottei vesi jää seisomaan katolle. Täytyy myös huomioida, että liian jyrkkä katto kuivattaa kasvillisuutta. Toinen vastaajista kokee muutostarpeita viherkattojen asennusohjeisiin, ja ohjeita voidaan tarvittaessa päivittää.

Vastauksissa korostuu viherkattojen huollon säännöllinen tarpeellisuus, mitä ilman kasvien pärjääminen on epätodennäköisempää. Viherkaton teknistä elinkaarta voidaan jopa lisätä, mutta se vaatii viherkaton säännöllistä huoltoa. Tulevaisuuden lisääntyvä lumimäärä voi jopa auttaa kasvillisuutta selviämään talven yli nykyistä paremmin. Vedenpoiston riittävyys täytyy taata myös tulevaisuudessa. Lumipeitteen odotetaan vähenevän ainakin Etelä-Suomessa, joten tulevatko viherkatot pärjäämään talven yli, jos lämpötilat sahaavat plussan ja miinuksen molemmin puolin ja lumipeitettä ei välttämättä ole suojaamassa kasveja.

6 Tasakatot muuttuvissa ilmasto-olosuhteissa

6.1 Kantavat rakenteet

Tasakaton kantavana yläpohjarakenteena käytetään pääasiassa betoniyläpohjaa tai profiilipeltiä. Taipumat yläpohjarakenteessa ovat yleensä suuret, kun ontelo-, TT-laatta tai profiilipelti liittyy olemassa olevaan seinärakenteeseen ja toisinpäin. Talvisin lumikuorma aiheuttaa yläpohjalle taipumaa ja kesäisin lämpölaajenemisen seurauksena ulkoseinäelementti kaareutuu ulospäin. (Kattoliitto ry, 2022, s. 19)

Tasakaton kuormien laskuissa otetaan huomioon yläpohjarakenteen omapaino ja lumikuorma sekä niiden varmuuskertoimet. Tasakattojen mitoituksessa tulee huomioida, että lumi ei pääse liukumaan katolta pois toisinkuin harjakatossa, joten lumi voi jäädä pidemmäksikin aikaan katolle kuormaksi. Kuten aiemmin todettiin, lumikuorma voi kasvaa maakunnasta riippuen jopa 1 kN/m^2 verran ja varmuuskertoimen kanssa lumikuorma voi ylittyä tietyissä kuormitustapauksissa. Tässä korostuukin tieto, miten hyvin rakennesuunnittelija laskee katon omapainon. Jos omapaino on laskettu liian alhaiseksi ei kattorakenteille jää paljon tai lainkaan ylimääräistä kantavuutta jäljelle. Nykyisin myös yleistyvät aurinkopaneelit lisäävät katolle tulevaa kuormaa. Etenkin isoissa liikekiinteistöissä aurinkopaneelien määrä katoilla voi olla suurikin. Aurinkopaneelien tuoma kuorma ei välttämättä aina lasketa ennen asennusta. Etenkin pohjois- ja Itä-Suomessa, jossa lumikuorma tulee kasvamaan, tulisi huomioida myös aurinkopaneelien tuoma kuorma.

Vähän sulanut lumi muuttuu märkälumeksi ja painaa vielä enemmän kuin pakkasella satanut lumi, joten lumikuorma voi tämän perusteella kasvaa vielä korkeammaksi. Lumi sataa katolle tasaisesti, mutta tuuli voi kinostaa lunta tiettyyn kohtaan kattoa, jolloin lumikuorma kasvaa entisestään katon tietyissä kohdissa. Tulevaisuudessa lumen poisto katoilta korostuu entisestään etenkin Pohjois- ja Itä-Suomessa suurenevien lumikuormien perusteella.

Etenkin syksyisin irtoavat puiden lehdet ja roskat tukkivat herkästi kattokaivoja. Huonosti huolletut kattokaivot estävät veden virtaamista kattokaivoihin tai pahimmillaan voivat tukkia kattokaivon kokonaan. Vesikatto voi lammikoitua suurestikin. Tulevaisuuden lisääntyvät sademäärät lisäävät vielä sadekuormaa katolle, jolloin katolla voi esiintyä ”uima-altaita”. Nämä ovat vaaraksi katon kantavuudelle, sillä yleensä rakennesuunnittelija ei ota huomioon tällaista kuormaa laskennoissa. Tukkeutuneesta kattokaivosta vesi pääsee virtaamaan toiseen kattokaivoon tai ulosheittäjään, mutta huonosti huolletulla katolla kattokaivoja voi olla

tukkeutuneena useampikin, mikä lisää riskiä veden lammikoitumiselle suuremmalle alueelle ja näin ollen lisää riskiä katon kantavuudelle.

6.2 Kosteustekninen toimivuus

Tasakaton tuulettuvuus suunnitellaan yleensä lievästi tuulettavana rakenteena. Tuuletus toteutetaan lämmöneristeessä olevilla urituksilla, tuuletusraoilla, jotka ovat räystäsrakenteissa sekä alipainetuulettimilla. Tuulettimien tarvittavaan määrään vaikuttavat muun muassa katon pinta-ala, kaltevuus, muoto sekä minkä kokoisia tuulettimia käytetään. Yleisesti asennetaan yksi halkaisijaltaan 110 mm kokoinen alipainetuuletin / 100–150 m² kattoa kohden. (Kattoliitto ry, 2022, ss. 16–17)

Betoni itsessään on hyvin höyrytiivis, mutta saumoista, liitoskohdista ja läpivienneistä rakennuksen sisäpuolinen kosteus pääsee helposti kulkeutumaan kylmälle puolelle rakennetta, jos näitä kohtia ei tiivistä oikeanlaisesti. Betoni on hyvä alusta höyrynsululle sen lujuuden ja tukevuutensa vuoksi, mutta ongelmana voi olla paikoittain epätasaisuus ja betonin pinnassa olevat epäpuhtaudet. Tällöin höyrynsulkumateriaalit, jotka kestävät mekaanista rasitusta huonosti voivat vaurioitua, kun lumikuorma painaa yläpohjarakennetta. TT- ja ontelolaatoissa on elementtien välillä suuret hammastukset, jolloin saumojen juotosvalujen pinta voi jäädä epätasaiseksi. Profiilipellin epätasaisen pohjan päälle tulee aina asentaa tasaava kerros ennen kuin höyrynsulku asennetaan. Profiililevyyn on suositeltavaa asentaa rakennuslevy, jolloin lämmön- ja vedeneriste kiinnitetään levyyn ilman, että höyrynsulkuun tulee reikiä. (Kattoliitto ry, 2022, s. 19)

Tulevaisuudessa etenkin höyrynsulkumateriaalit tulevat olemaan kovalla rasituksella lisääntyvien lumikuormien osalta. Vesikatolle tulee myös lisääntyvän lumen ja vesisateiden seurauksena entistä enemmän kosteusrasitusta, jolloin korostuu kermikatteiden liitosten tiiviys. Lievästi tuulettuvien yläpohjien osalta ei ole tehty tarkkaa tutkimusta, miten ne tulevaisuudessa sopivat Suomen ilmastoon. Oletettavasti lievästi tuulettuvia yläpohjia odottaa myös homehtuminen kuten tuulettuvia yläpohjia, sillä niiden toimivuus on riskialttiimpaa kuin tuulettuvien yläpohjien. Tasakatoilla vedeneristyksen alla on lämmöneristys, kun taas harjakatossa käytetään aluskatetta ja tuuletusväliä. Tasakatolla ei näin ollen ole hyötyä käyttää lämpöä eristävää aluskatetta.

Suomen markkinoilta löytyy älykkäitä höyrynsulkuratkaisuja, jotka mukautuvat ympäröivän kosteuden kosteustilanteeseen. Vesihöyrynläpäisevyys on alhainen, kun suhteellinen kosteus laskee ja läpäisevyys kasvaa kosteuden lisääntyessä. Kesäaikaan tämä

mahdollistaa yläpohjan kuivumisen sisätiloihin päin ja talvella se estää kosteuden tiivistymistä rakenteeseen. (Tiivistalo, n.d., s. 2)

Tulevaisuudessa talvien odotetaan olevan leudompia, jolloin kosteus lisääntyy. Tämä vaatisikin tutkimuksia, että tuleeko älykäs höyrynsulku toimimaan tulevaisuuden olosuhteissa ja lievästi tuulettumattomissa rakenteissa. Tasakatolla lumi voi seisoa pidemmänkin aikaan talviaikaan, jolloin yläpohja vaatii hyvän kosteusteknisen toimivuuden, jos kermi sattuisikin vuotamaan.

6.3 Vedenpoisto

Tasakattojen vedenpoisto tehdään kattokaivojen kautta. Vesi johdetaan 1:50 kaltevuudella kattokaivoihin päin ja kattokaivojen pisin valumamatka saa olla 15 metriä. Nykymitoituksella kattokaivoja suunnitellaan 1 kaivo/150–200 m² kohden, kun kaivossa käytetään poistoputken halkaisijana vähintään yli 100 mm paksuista putkea. Jokaisella kattoalueella tulee olla veden poistamiseksi minimissään kaksi eri reittiä, kuten sadeveden ulosheittäjä. Sadevedet johdetaan poistoputkista viemäriverkostoon lämpimiä tiloja hyödyntäen. Minimihalkaisijana kattokaivolle ja sen poistoputkelle käytetään 100 mm. Tukkeutumisen estämiseksi kaivo suojataan lehtisihdillä ja tarvittaessa voidaan käyttää lisänä rengassiivilää. (RT 103274, 2020, s. 7)

Kattokaivostandardi SFS-EN 1253-2 määrittää minimivirtausnopeudet painovoimaisille kattokaivoille. Käytetään kattokaivojen mitoituksen tarkasteluun sivulta 20 taulukon 3 arvoja. Taulukon mukaan suurin sademäärä on 15,44 mm/h. Valitaan tarkasteluun suurin pinta-ala per kaivo eli 200 m², jolloin poistoputken halkaisijaksi valitaan minimistandardi koko 110 mm. Kattokaivostandardin mukaan minimivirtausnopeus tulisi olla 4,5 l/s. Jos tarkastellaan tasaista sademäärää, jolloin vettä sataisi taulukon maksimiarvon mukaan eli 15,44 mm/h, 200 m² alalla se tarkoittaisi 51,46 l/min eli 0,86 l/s. Kattokaivo vetäisi hyvin tuon määrän. (SFS-EN 1253-2:2015, s. 13)

Tarkastellaan kattokaivojen riittävyys myös vielä rankkasateelle. Käytetään tässäkin tilanteessa kerran 10 vuodessa käytettävää sademäärän arvoa eli 1,5 mm/min. 200 m² alalla tämä tarkoittaisi 300 l/min eli 5 l/s. Tästä voitaisiin todeta, että kattostandardin minivaatimuksella virtausnopeus 4,5 l/s ei riittäisi. Jos taas verrattaisiin Vilpen mitattuihin virtaamiin, heidän C-110 mallin kattokaivolla ilman sihtiä virtausnopeus olisi 5,3 l/s ja sihdillä 4,8 l/s. Eli valmistajalla virtausnopeus on korkeampi ja riippuen sihdin käytöstä se olisi riittävä tai lähempänä kuin vaadittu standardi. Tulevaisuudessa rankkasateiden sademäärä voi olla

vieläkin korkeampi, joten oletettavasti rankkasateilla kattokaivojen mitoitus jää pieneksi, jos käytetään minimivaatimuksia.

Sadeveden ulosheittäjät johtavat tukkeutuneen kattokaivon sadevedet seinälinjan ulkopuolelle. Jos kattokaivo tukkeutuu, syntyy katolle lammikko, josta vedet ohjautuvat joko ulosheittäjään tai muihin kattokaivoihin. Vesien olisi hyvä ohjautua ulosheittäjään mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Ulosheittäjäputkien maksimivirtausnopeuksia oli rajoitetusti saatavilla. Yhden valmistajan ulosheittäjän halkaisija on 110 mm ja sen maksimivirtaus on 11,5 l/s. Rankkasateella kattokaivojen mitoituksen perusteella mitoitus jäisi pieneksi, mutta ulosheittäjän virtausnopeus on selkeästi suurempi, jolloin ulosheittäjän virtausnopeus olisi riittävä.

6.4 Bitumikermikatteen kyselyn tulokset

Tässä luvussa käsitellään tasakatolle tyypillistä katemateriaalia eli bitumikermikatetta. Liitteessä 1 olevaan bitumikermikatetta käsiteltäviin kysymyksiin saatiin vastauksia kaksi kappaletta. Bitumikermin osalta suurenevat lumikuormat eivät arvioida vaikuttavan katemateriaaliin vaan ennemminkin eristysalustaan. Kermin käyttöikä on kasvanut, sillä yläpohjarakenteet ovat kehittyneet. Esimerkiksi bitumikermikatteisiin on tullut puhalletun bitumin tilalle kumibitumi, jonka käyttöikä on pidempi. Valon heijastumisen kannalta, kermikatteissa on käytetty valkoista ja vaaleita sävyjä sekä jonkin verran käytetty alumiinipintaista kermiä. Eräs vastaaja myös mainitsee bitumikatteen, joka on vaalea ja sen pinnalla oleva sirote neutralisoi typen oksideja. Bitumikermin osalta vaaleat sävyt ovat kasvussa, mutta eivät ole vielä laajasti käytössä ja nykyisillä eristepaksuuksilla arvioidaan värin merkityksen olevan enemmän visuaalinen. Aurinkopaneelien lisääntyminen lisää vaaleiden katemateriaalien tarvetta, sillä niiden tuottoteho paranee viileämmässä. Loivilla katoilla käytetään enemmän kermejä, jotka hitsataan kiinni, jolloin erillistä saumausainetta ei tarvita vaan tuotteessa valmiiksi oleva hitsausbitumi kuumennetaan. Nykyisin käytettävä limitysväli sivusaumoissa ja päätysaumoissa on koettu toimivaksi. Tuoteluokan 1 yksikerroskatteissa kuitenkin käytetään sivusaumoissa suurempaa limitysväliä. Tärkeimmäksi koetaan, että kiinnitys suoritetaan hyvin, sillä limitysleveyyden kasvattaminen ei korvaa työn laatua.

Bitumikermin kiinnitykset rakennesuunnittelija suunnittelee kohdekohtaisesti ja ne koostuvat monesta tekijästä. Ohjeiden noudattamisen valvontaa tulisi tehostaa vastauksen perusteella. Toinen vastaajista arvioi vedeneristeen alla asennettavan lämmöneristeen tulevan muutostarpeita lumikuorman kasvaessa ja toinen vastaaja arvioi ennemminkin

aurinkopaneeleista tulevan pistekuorman vuoksi. Molemmat vastaajat arvioivat, ettei kermikerrosten määrän lisääminen ole tavoiteltavaa vaan tärkeämpää ovat laadukkaat tuotteet ja laadukas asennus.

Vastauksista korostuvat, että kermikatteen alusrakenteet ovat keskeisemmässä osassa kuin itse katemateriaali. Bitumikermikatteen käyttöikä on jo saatu lisättyä kumibitumin avulla. Kermikatteita on saatavilla vaaleammissa sävyissä ja niiden käyttö on kasvussa. Aurinkopaneelien asennus tulisi huomioida näilläkin katoilla muuan muassa käyttämällä vaaleita kermejä sekä huomioida niistä tuleva pistekuorma. Vastauksissa korostuu, että katteen asennus tulisi tehdä laadukkaasti ja on käytettävä laadukkaita tuotteita.

7 Rakennesuunnittelijoiden kysely

Liitteessä 2 oleva kyselylomake lähetettiin kahdeksalle rakennesuunnittelijalle. Tarkoituksena oli selvittää, miten rakennesuunnittelijat ottavat nykyisin suunnittelussa huomioon tulevaisuuden ilmaston muuttumisen. Kysely suoritettiin anonymisti ja siihen vastasi kolme henkilöä. Tulosten perusteella ilmastonmuutosta ei tällä hetkellä huomioida suunnittelussa. Suunnittelijat käyttävät mitoitukseseen tämänhetkisiä suosituksia ja mitoitusnormeja. Heitä myös määrää arkkitehdin valinnat ja nykyisiin käytettäviin tuotteisiin suunnittelijoilla ei ole vaikutusvaltaa. Suurenevaa lumikuormaa ei ole vielä mitoituksessa huomioitu, vaan lumikuorma mitoitetaan tämänhetkisen normin mukaan. Muuttuvia ilmasto-olosuhteita katolla kulkemiseen ja erilaisten asennusten asentamisen osalta tehdään valmistajien ohjeiden mukaan. Toinen vastaajista mainitsee myös kattoikkunoiden tuottamat ongelmat.

Vastaajat arvioivat merkittävimäksi asiaksi tulevaisuuden kattojen asentamisessa ja uusimisessa, että tummien pintojen lämpökuorma tulisi huomioida. Kermikatto sulaa lämpötilanousun seurauksena sekä metallikaton lämpöliikkeet kasvavat, mikä voi vaikuttaa pinnoitteiden kestävyYTEEN. Toinen vastaajista ehdottaisi tarkempaa tutkimusta eikä vain spekulointia aiheesta. Tutkimuksesta voitaisiin myös koota oppikirja jakoon suunnittelijoille. Myös jokaisen rakennuksen suunnittelee alkuun arkkitehti materiaaleineen, joten näihin päätöksiin olisi hyvä päästä vaikuttamaan. Tulevaisuudessa huomiota tulisi kiinnittää viistosateeseen ja tuuleen, etenkin myrskypelteihin ja muihin detaljeihin, jotka estävät veden nousua. Aurinkopaneelien asentamiseen pitäisi myös varautua.

Merkittävämpinä asioina, joita rakennesuunnittelijan tulee huomioida yläpohjarakenteen suunnittelussa ilmastomuutoksen näkökulmasta ovat toimiva ja riittävä tuuletus, viistosade,

varaus aurinkopaneeleille sekä varjostavat räystäät, jotta ne auttaisivat lämpökuorman hallinnassa sekä sateen poissa pitämiseen seinärakenteelta. Vastaajat eivät ole käyttäneen älykästä höyrynsulkua suunnittelussa. Tasakaton ongelmat tulevaisuuden muuttuvaan ilmastoon koetaan samoiksi kuin nykyisin. Jäätyminen ja sulaminen sekä veden padottaminen ja nousu koetaan ongelmaksi. Yksi vastaaja arvioi tuuletuksen järjestämisen haastavaksi tasakatolla ja sen, että lisääntyviin sateisiin pitäisi kiinnittää huomioita. Vastauksen mukaan kattokaivoja ei ole ikinä liikaa ja ulosheittäjiä ei paljon näe. Harja- ja pulpettikattojen osalta tulisi huomioida suurenevat tuulikuormat, imut ja nosteet räystäältä. Tulisi huomioida myös rakenteiden kiinnitykset sekä mahdolliset väsymiset rakenteissa.

Vastauksista voidaan todeta, että suunnittelijoita ohjaa nykyiset standardit ja normit, sekä arkkitehdin näkemys. Normeja ei ole vielä päivitetty tulevaisuuteen sopiviksi, joten rakennesuunnittelu tapahtuu vanhoilla ohjeilla. Toisen sukupolven eurokoodeissa on otettu ilmastomuutosta huomioon. Aurinkopaneelien lisääntymistä ei myöskään ole vielä huomioitu suunniteltaessa yläpohjarakenteita. Myös kaavamääräykset ja alueelliset rakennustapaohjeet sääntelevät erityisesti uusilla kaava-alueilla katon kaltevuuksia, käytettäviä materiaaleja ja katemateriaalien värejä.

8 Tulosten tarkastelu

Kantavien rakenteiden osalta lumikuormat tulevat maanosan mukaan joko kasvamaan tai laskemaan. Kasvua lumikuormassa on Suomen pohjois- ja itäosassa, mikä vaikuttaa kantaviin rakenteisiin harja- ja pulpettikatoilla. Lumikuorman kasvaessa vesikaton huoltotoimenpiteet lumen poiston osalta korostuvat. Yläpohjan homehtumiselle tulevaisuudessa on suuri riski kaikilla kattotyypeillä. Tutkimusten perusteella tuulettuvan yläpohjan homehtumista voitaisiin ehkäistä käyttämällä lämpöä eristävää aluskatetta, mutta tällaista ei ole vielä Suomessa käytössä. Älykästä höyrynsulkumuovia markkinoidaan, mutta se ei ole suunnittelijoilla kyselyn perusteella vielä käytössä. Normisateella kattojen vedenpoistojärjestelmät kestävät hyvin, mutta rankkasateella syöksytorvien ja kattokaivojen riittävyys jää liian pieneksi. Rankkasateiden oletetaan kuitenkin lisääntyvän, joten näihin pitäisi tulevaisuudessa kiinnittää enemmän huomiota.

Alla olevasta taulukoista 4 voidaan tarkastella, että nykyinen lumikuorma Suomen itäosassa vaihtelee välillä 1,6–2,4 kN/m² ja tulevaisuudessa lumikuorman tulisi olla väliltä 2,3–3,4 kN/m². Suomen pohjoisosassa nykyinen lumikuorma vaihtelee välillä 2–2,8 kN/m² ja sen tulisi olla tulevaisuudessa 2,8–3,9 kN/m². Samoin voidaan tarkastella taulukosta 5

syöksytorvien ja kattokaivojen minimivaatimusta nykyisin ja mitä minimivaatimukset tulisi olla tulevaisuudessa. Syöksytorven halkaisijan minimivaatimus nykyisin on 100 mm ja tulevaisuudessa tulisi käyttää vähintään 125 mm. Kattokaivoissa minimivaatimuksena nykyisin on 110 mm ja tulevaisuudessa tulisi käyttää vähintään 125 mm kattokaivoja. 125 mm syöksytorven kapasiteetti olisi noin 8,4 l/s ja 125 mm kattokaivon kapasiteetti 7 l/s.

Taulukko 4 Lumikuorma nykyisin ja tulevaisuudessa

	Nykyinen lumikuorma	Tulevaisuuden lumikuorma	
Lumikuorma itäosa	1,6–2,4	2,3–3,4	kN/m ²
Lumikuorma pohjoisosa	2–2,8	2,8–3,9	kN/m ²

Taulukko 5 Sadevedenpoistojärjestelmien minimivaatimukset nykyisin ja tulevaisuudessa

	Minimivaatimus nykyisin	Tulevaisuuden mitoitus	
Syöksytorvet	100	125	halkaisija (mm)
Kattokaivot	110	125	mm

Tulevaisuudessa katemateriaaleissa korostuu vesitiiveys, lämpötilojen kestävyys ja UV-kestävyys. Katemateriaalivalmistajat ovat jo kiinnittäneet huomiota kestävämpiin materiaaleihin ja valitsemalla parempia pinnoitteita. Valmistajat vaativat myös yhteistyökumppaneilta kehitystä ja parempaa tavaraa. Katemateriaalien käyttöikä ei ole jouduttu lyhentämään, vaan sitä on jopa pidennetty. Trendit ja kaavamääräykset ovat suuressa osassa esimerkiksi katon kaltevuuksissa, katemateriaalin värivalinnoissa ja räystäiden pituudessa. Aurinkopaneelien yleistymisen on huomioitu paneelien asentamisessa ja huoltotoimenpiteiden ohjeistamisessa. Vesikaton huoltaminen korostuu entistä enemmän tulevaisuudessa lumikuorman siirtämisessä ja kattokaivojen putsaamisessa, jotta lammikoitumista ei pääsisi tapahtumaan.

Rakennesuunnittelussa tulevaisuuden ilmastoa ei ole huomioitu, sillä suunnittelijoita ohjaa tämänhetkiset suositukset ja normit sekä arkkitehtien valinnat. Suunnittelijoiden mielestä tulevaisuudessa pitäisi huomioida toimiva yläpohjan tuuletus, aurinkopaneelien yleistymisen ja räystäiden riittävä pituus.

9 Yhteenveto ja pohdinta

Suomen ilmasto-olosuhteet tulevat muuttumaan tulevaisuudessa, ja siihen on syytä varautua. Tulevaisuuden ilmasto-olosuhteita on vaikea ennustaa ja ovat riippuvaisia monesta asiasta. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, miten muuttuvat ilmasto-olosuhteet vaikuttavat tulevaisuudessa yläpohjarakenteisiin ja -varusteisiin.

Vuosisadan loppuun mennessä Suomen kylmät talvet harvinaistuvat ja kesien odotetaan lämpenevän entisestään. Työn luotettavuus riippuu paljolti ilmastoskenaarioista ja siitä, miten ne tulevat toteutumaan tulevaisuudessa. Pahimman ilmastoskenaariion tapahtuessa se ei aina tarkoita sitä, että pahin ilmastovaikutus tapahtuisi rakenteelle. Esimerkiksi lumikuorman osalta pahin lumikuorma tapahtuisi RCP4.5-skenaariolla. Tällä hetkellä kysymyksenä onkin, saadaanko muutoksia aikaan tarpeeksi nopeasti, jotta rakenteilla olisi valmiudet toimia muuttuvissa ilmasto-olosuhteissa. Ilmastomuutos näkyy jo nyt ja muutos lisääntyy koko ajan hitaasti ja välillä jopa huomaamatta. Toimia pitäisi tehdä etukäteen eikä vasta silloin kun rakenne ei enää toimi nykyiseen ilmastoon. Normisateella sadevedenpoistojärjestelmän mitoitus tulevaisuuden lisääntyviin sademääriin on riittävä, mutta rankkasateella tasakattojen kattokaivojen mitoitus vedenpoistolle jää pieneksi, jos käytetään minimivaatimuksia. Pahimmalla skenaariolla vesisateet lisääntyisivät eniten, joten odotettavissa olisi etenkin tasakoilla nykyistä enemmän ongelmia kattokaivojen riittoisuuden suhteen. Harja- ja pulpettikatoilla ylimääräinen vesi pääsee valumaan kouruista yli, mutta tasakatolla vesi pääsee vain kattokaivoista tai ulosheittäjistä siirtymään pois katolta. Kuten kyselyssä todettiin, ulosheittäjiä käytetään harvoin, joten tasakaton toimivuus on keskeisesti pelkästään kattokaivojen varassa. Oletettavasti lammikoitumiset tasakatoilla lisääntyvät nykyisestä, sillä kattokaivojen riittävyys voi olla liian pieni jo nykyisillä katoilla ja jos huoltoa vielä laiminlyödään ovat kattokaivot tukossa roskista.

Yläpohjan kosteustekniseen toimivuuteen pitäisi Suomen olosuhteisiin löytyä homehtumisen estämiseksi ratkaisu. Voisiko se olla lämpöä eristävän aluskatteen lisätutkiminen ja käyttöönotto vai älyhöyrinsulkumuovin tutkiminen, vai koneellinen yläpohjan tuuletus kostealla ilmalla. Yläpohjan kosteusteknisen toimivuuden tarkasteluun käytettiin Suomessa tehtyä tutkimusta, jossa on tarkasteltu yläpohjarakenteen toimivuutta Suomen olosuhteissa, joten tietoa voidaan pitää luotettavana.

Rakentamisessa monet trendit etenkin omakotitalossa ohjaavat kuluttajia. Myös asuinalueiden asemakaavat ohjaavat katon kaltevuuksia ja värivalintoja. Kuluttajille voitaisiin enemmän jakaa ilmatoriskien tietoutta taloja rakentaessa, jos nämä ajatukset ajaisivat

kuluttajia miettimään valintojaan uudelleen esimerkiksi tumman katevärin sijaan vaaleampi värivalinta. Yhtiöt voisivat myös ohjata kuluttajia valintojen tekemiseen. Kaavoituksessa voitaisiin huomioida riittävä katon kaltevuus ja tarvittaessa kaavamääräyksiin valittaisiin vaaleammat värit katemateriaaleihin. Tämän hetken trendinä on myös mahdollisimman lyhyet räystäät. Viistosateiden odotetaan kasvavan merkittävästi ja ilman räystäitä, yläpohjaongelmien voidaan olettaa kasvavan. Tulevaisuudessa tulisi ennemminkin suosia pidempiä räystäitä. Pitäisikö tähän puuttua esimerkiksi rakentamismääräyksissä, jotta voitaisiin ennaltaehkäistä viistosateen tuomat ongelmat. Kermikatteen osalta nykyisin käytetään bitumikermikatteen päällä harvemmin singeli päällistä, joka suojaisi kermiä suoralta auringon säteilyltä. Toisaalta kermin kuntoa on vaikeampi seurata singelin alta.

Tutkimuksia on jo tehty, mutta vielä tarvittaisiin lisää tutkimuksia eri rakenteiden toimivuuteen erilaisissa olosuhteissa kuten esimerkiksi lievästi tuulettuvan katon toimivuus tulevaisuuden ilmastossa. Lievästi tuulettuvassa yläpohjassa on jo nykyisin omat haasteensa, joten odotettavissa on niidenkin homehtuminen. Yleistyviin aurinkopaneeleihin moni toimija on jo alkanut kiinnittämään huomiota katemateriaalien osalta, mutta rakennesuunnittelussa niitä ei ole vielä huomioitu. Otetaankohan näihin tulevaisuudessa kantaa määräyksissä vai täytyykö rakennesuunnittelijoiden huomioida laskelmissa varaus aurinkopaneeleille. Toisen sukupolven eurokoodeissa huomioidaan ilmastonmuutos, mutta tullaanko olosuhteet huomioimaan mitä RCP-mallia käyttämällä ja jos ilmasto muuttuukin radikaalisesti toiseen suuntaa, voidaanko eurokoodeihin tehdä päivityksiä esimerkiksi kertoimiin vaikuttamalla. Muuttuvia ilmasto-olosuhteita on jo huomioitu ja kohta myös rakennesuunnittelijoiden tulee nämä huomioida.

Lähteet

Annala, P., Hietala, M., Lahdensivu, J., Pakkala, T., Koskivuori, M., Nöjd, K. & Vanha-Viitakoski, T. (n.d.). *Opas rakennukseen kohdistuvien ilmatoriskien ja sopeuttamisratkaisujen arvioimiseksi*. Rakennusteollisuus RT ry. <https://rateko.fi/wp-content/uploads/2019/06/OPAS-RAKENNUKSEEN-KOHDISTUVIEN-ILMATORISKIEN-JA-SOPEUTUMISRATKAISUJEN-ARVIOIMISEKSI.pdf>

Climateguide. (12.4.2017). *Ennustettu ilmastonmuutos Suomessa*. <https://www.climateguide.fi/artikkelit/ennustettu-ilmastonmuutos-suomessa>

Granlund Oy. (2.10.2023). *Mikä on ilmatoriskikartoitus?* <https://www.granlund.fi/uutinen/mika-on-ilmatoriskikartoitus/>

Granlund Oy. (n.d.). *Ilmatoriskikartoitus*. <https://www.granlund.fi/palvelut/ilmatoriskikartoitus/>

Hilden, M., Tikkakoski, P., Sorvali, J., Mettiäinen, I., Käyhkö, J., Helminen, M., Määttä, H., Berninger, K., Meriläinen, P., Ahonen, S., Kolstela, J., Juhola, S., Tynkkynen, O., Gregow, H., Groundstroem, F., Halonen, J., Munck af Rosenschöld, J., Carter, T., Lehtonen, H.,... Mäkelä, A. (2022) *Ilmastonmuutokseen sopeutuminen Suomessa – nykytila ja kehitysnäkymät*. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2022:55. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-420-0>

Ilmasto-opas. (n.d.). *Lyhytkestoisten sateiden rankkuus ja toistuvuus aika Suomessa*. <https://www.ilmasto-opas.fi/visualisoinnit/rankkasateiden-toistuvuus/?lang=fi>

Ilmatieteen laitos. (9.8.2017). *Finnish climate is expected to change more during winter than during summer months*. <https://en.ilmatieteenlaitos.fi/news/400026370>

Ilmatieteen laitos. (n.d. -a). *Ilmastonmuutos*. Haettu 29.7.2024 osoitteesta <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmastonmuutoskysymyksia>

Ilmatieteen laitos. (n.d. -b). *Rakennusfysiikan mitoitusvuodet 2022*. Haettu 7.10.2024 osoitteesta <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/rakennusfysiikan-mitoitusvuodet-2022>

- Ivanov, O., Barring, L., Wilcke, R. (2022). *Climate change impact on snow loads in northern Europe*. Structural safety, volume 97. <https://doi.org/10.1016/j.strusafe.2022.102231>
- Kattoliitto ry. (2022). *Toimivat katot 2022*. <https://www.kattoliitto.fi/kaikki-julkaisut/>
- Mylly, Martti. (2022). *Teollinen puurakentaminen*. <https://www.lappia.fi/wp-content/uploads/2022/03/Teollinen-puurakentaminen-v1.0.pdf>
- Myllärinen, T., Pahajoki, H., Peltonen, P., Saarikko, J. (2019). *Talonrakennus – Kantavat rakenteet ja sisävalmistustyöt*. Sanoma Pro Oy.
- Pilli-Sihvola, K., Halonen, J., Meriläinen, P., Laapas, M., Ruuhela, R., Munck af Rosensschöld, J., Hällfors, M., Knuuti, S., Sorvali, J. (2023). *Ilmastomuutokseen liittyvät riskit ja haavoittuvuudet Suomessa*. Valtioneuvosto. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-566-5>
- RIL 107-2022. *Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet*. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- RIL 255-1-2014. *Rakennusfysiikka 1. Rakennusfysikaalinen suunnittelu ja tutkimukset*. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- RT 85-11020 (2011). *Metalliset sadevesijärjestelmät*. Rakennustieto Oy. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2085-11020>
- Sadex. (n.d.) *Sadevesijärjestelmän mitoitusohje*. <https://www.sadex.fi/ohjeet/sadevesijarjestelmat/Sadex-sadevesij%C3%A4restelm%C3%A4n-mitoitusohje.pdf>.
- Saku, S., Mäkelä, A., Jylhä, K. & Niinimäki, N. (2016). *Lyhytkestoisten sateiden rankkuus ja toistuvuus aika Suomessa*. Ilmatieteen laitos. https://assets.ctfassets.net/hli0qi7fbbos/3JD8CIIyOE2avuiZLwGlcp/ce3988a353362b5a728f123dedcb30ea/elastinen_rankkasateiden_toistuvuus_21062016.pdf
- SFS-EN 12056-3:2001. (2001). *Rakennusten painovoimaiset viemärijärjestelmät. Osa 3: Sadevesijärjestelmät. Suunnittelu ja laskenta*. SFS Online.

SFS-EN 1253-2:2015. (2015). *Gullies for buildings – Part 2: Roof drains and floor gullies without trap*. SFS Online.

Suomen ympäristökeskus. (26.11.2020). *Tutkijat arvioivat ilmastonmuutoksen vaikutusten kuvaamiseen luotua menetelmää*. [https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Uutiset/Tutkijat_arvioivat_ilmastonmuutoksen_vai\(59125\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Uutiset/Tutkijat_arvioivat_ilmastonmuutoksen_vai(59125))

Tiivistalo. (n.d.) *Intello, älykäs kosteutta ohjaava höyrynsulku*. <https://ekoeriste.com/wp-content/uploads/2018/10/Intello-ilmansulkukangas.pdf>.

Vinha, J., Laukkarinen, A., Mäkitalo, M., Nurmi, S., Huttunen, P., Pakkanen, T., Kero, P., Manelius, E., Lahdensivu, J., Köliö, A., Lähdesmäki, K., Piironen, J., Kuhno, V., Pirinen, M., Aaltonen, A., Suonketo, J., Jokisalo, J., Teriö, O., Koskenvesa, A & Palolahti, T. (2013) *Ilmastonmuutoksen ja lämmöneristyksen lisäyksen vaikutukset vaipparakenteiden kosteusteknisessä toiminnassa ja rakennusten energian kulutuksessa*. Tampereen teknillinen yliopisto.
https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/116675/vinha_ilmastonmuutoksen_ja_lammoneristyksen_lisayksen_vaikutukset.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Ympäristöministeriön asetus 6/16 lumikuormia koskevista kansallisista valinnoista sovellettaessa standardia SFS-EN 1991-1-3 [kuva]
https://www.finlex.fi/data/normit/42811/asetus_6-16_2016.pdf

Ympäristöministeriö. (n.d.-a). *Ilmasto*. Haettu 29.6. osoitteesta <https://ym.fi/ilmasto>

Ympäristöministeriö. (n.d.-b). *Vähähiilinen rakentaminen*. Haettu 29.6. osoitteesta <https://ym.fi/vahahiilinen-rakentaminen>

Liite 1. Materiaalivalmistajien kyselyn kysymykset

1. Miten katemateriaalissa on otettu huomioon tulevaisuuden ilmastonmuutos, kuten miten suureneva lämpökuorma on huomioitu ja miten otettu huomioon suurenevat sademäärät?
2. Miten on huomioitu suurenevat lumikuormat Pohjois- ja Itä-Suomessa?
3. Onko katemateriaalin käyttöikä/elinkaariodotetta jouduttu lyhentämään nykyisestä?
4. Käytetäänkö enemmän erilaisia pinnoitteita/pintakäsittelyjä, jotka auttavat heijastamaan valoa?
5. Onko katemateriaalien värinä valittu enemmän vaaleapintaisia materiaaleja?
6. Onko muuttuvat ilmasto-olosuhteet huomioitu myös katoilla kulkemisen ja erilaisten asennusten asentamisen osalta (esim. lumiesteet, sadevedenpoistojärjestelmät, kattoikkunat, luukut, tekniset laitteet, aurinkopaneelit, kulkusillat jne.)?
7. Mitkä ovat merkittävimmät asiat, joita tulevaisuuden kattojen asentamisessa tai kattojen uusimisessa tulee ilmastonmuutoksen näkökulmasta ottaa huomioon?

Tiilikatteen lisäkysymykset:

8. Onko huomattu, että tiili hapertuisi voimakkaammin? tai esiintyykö pakkasraupautumista enemmän?
9. Miten on otettu huomioon lisääntyvä viistosade?
10. Onko arvioitu, lisääntykö leväkasvusto, sammaloituminen tms. tiilipintojen kasvusto, kun ilmasto lämpenee ja sademäärät muuttuvat?
11. Onko jatkossa muuttuvia vaatimuksia tiilikaton alusrakenteille, kun oletetaan että lämpötilavaihtelut ja sademäärät (lumi ja vesi) kasvavat?

Bitumikatteen lisäkysymykset:

12. Käytetäänkö nykyään enemmän vaaleampaa bitumia värinä?
13. Miten on tutkittu saumausaineiden kestävyyttä tulevaisuuden ilmaston muutoksiin? Tai kestääkö huopa vai saumausaine paremmin?
14. Onko ollut tarvetta kasvattaa limitysväliä?
15. Onko bitumikermien kiinnitysohjeiden muutoksiin tarvetta?
16. Onko vedeneristeen alla asennettavan lämmöneristeen kantavuusvaatimuksiin / / joustavuusominaisuuksiin tulossa muutostarpeita, esim. lumikuorimien kasvaessa?
17. Onko tarvittavien vedeneristekerrosten lukumäärään asennettaessa tulossa muutoksia (1-kerroskate – 3-kerroskate)?

Peltikatteen lisäkysymykset:

18. Onko pellin maksimipituutta jouduttu lyhentämään suurenevien lämpötilamuutosten vuoksi?
19. Onko pellin kiinnityksien mitoitusta tarkastettu puuskatuulien osalta?
20. Onko ollut tarvetta kasvattaa limitysväliä?
21. Onko peltikatteiden pinnoitteiden kestävyys suhteen tehty ratkaisuja ja onko läpivientikappaleiden toteutuksessa muutostarpeita toteutukseen (esim. lämpötilan vaihteluiden aiheuttamien lämpölaajenemisilmiöiden johdosta)?
22. Käytetäänkö nykyisin/tulevaisuudessa aiempaa vaaleampia pintoja?
23. Ilmastonmuutokset mahdolliset vaikutukset aluskateratkaisuihin?
24. Onko tarvetta mitoittaa uudelleen peltikaton kaltevuusvaatimuksia tai lumikuorman vuoksi katon kantavia rakenteita?
25. Onko kasvavat sademäärät huomioitu lumiasteiden, kulkusiltojen tai sadevedenpoistojärjestelmien osalta?

Viherkaton lisäkysymykset:

26. Miten viherkattojen toimivuutta seurataan asennuksen jälkeen? Esimerkiksi miten kasvit pärjäävät suomen olosuhteissa.
27. Onko lisääntyvillä sade- ja lumimäärillä vaikutusta viherkattojen ylläpitotarpeisiin tai tekniseen elinkaareen?
28. Onko viherkattojen asennusohjeissa muutostarpeita ilmastonmuutos huomioiden?

Liite 2. Rakennesuunnittelijoiden kyselyn kysymykset

1. Miten yläpohjarakenteiden suunnittelussa on otettu huomioon tulevaisuuden ilmastonmuutos, kuten suureneva lämpökuorma ja suurenevat sademäärät?
2. Miten suunnittelussa on huomioitu suurenevat lumikuormat Pohjois- ja Itä-Suomessa?
3. Onko muuttuvat ilmasto-olosuhteet huomioitu myös katoilla kulkemisen ja erilaisten asennusten asentamisen osalta (esim. lumiesteet, sadevedenpoistojärjestelmät, kattoikkunat, luukut, tekniset laitteet, aurinkopaneelit, kulkusillat jne.)?
4. Mitkä ovat merkittävimmät asiat, joita tulevaisuuden kattojen asentamisessa tai kattojen uusimisessa tulee ilmastonmuutoksen näkökulmasta ottaa huomioon?
5. Mitkä ovat merkittävimmät asiat, joita rakennesuunnittelijan tulee huomioida yläpohjarakenteen suunnittelussa ilmastonmuutoksen näkökulmasta?
6. Onko yläpohjarakenteen suunnittelussa käytetty älykästä höyrynsulkua? Jos on, onko tällä saatu parantavia kosteusteknisiä vaikutuksia yläpohjaan?
7. Mitkä ovat tasakaton ongelmat tulevaisuuden muuttuvaan ilmastoon ja miten ongelmat voisi ratkaista?
8. Mitkä ovat harja- ja pulpettikaton ongelmat tulevaisuuden muuttuvaan ilmastoon ja miten ongelmat voisi ratkaista?