

Atte Puttonen

Ilmastonmuutoksen vaikutukset rakentamiseen

Opinnäytetyö

Kevät 2020

SeAMK Tekniikka

Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: SeAMK Tekniikka

Tutkinto-ohjelma: Rakennusalan työnjohto

Tekijä: Atte Puttonen

Työn nimi: Ilmastonmuutoksen vaikutukset rakentamiseen

Ohjaaja: Olli Isopahkala

Vuosi: 2020

Sivumäärä: 36

Liitteiden lukumäärä:

Opinnäytetyössä tarkastellaan ilmastonmuutoksen vaikutusta rakentamiseen. Ilmastonmuutos on planeettamme suurimmista kriiseistä. Ilmastonmuutos johtuu kasvihuonekaasujen pääsystä ilmakehään, jonka seurauksena lämpötilan on ennustettu nousevan jopa kuusi astetta vuosisadan loppuun mennessä.

Tutkimuksen tarkoituksena on tutkia, miten ilmastonmuutos vaikuttaa rakentamiseen. Tavoitteena on tuottaa tietoa, jonka avulla rakentaminen tapahtuu teknisesti ja taloudellisesti oikein niin, että ilmastonmuutos otetaan huomioon.

Rakentamisessa pyritään siirtymään entistä enemmän ekologisempaan suuntaan. Rakentamista pyritään keskittämään jo olemassa oleville asutusalueille. Mahdollisuuksien mukaan pyritään kaavoittamaan keskusta-alueita täydennysrakentamiselle, jolla saadaan asukkaita palveluiden äärelle. Näin myös yksityisautoilu vähenee. Rakentamismääräyksillä pyritään taloista saamaan energiatehokkaampia, mistä seuraa ulkovaipan lisälämmöneristämistä. Lisäeristäminen ja ennustettu ilmastonmuutos saattavat lisätä homeen kasvun riskiä ja kosteusongelmia rakenteissa. Tulevaisuudessa rakentamisessa tulisikin ottaa enemmän huomioon lisääntyvät vesisateet ja lämpötilan nousut. Rakennustyömailla pitäisikin panostaa kosteudenhallintaan, ja rakenteiden kuivana pysymiseen mahdollisimman hyvin. U-arvojen tulevaisuudessa luo tilanteen, jolloin massiivirakenteisia rakennuksia ei pystytä enää rakentamaan, vaikka massiivisuutta pitäisi suosia sen kosteusteknisen toimivuuden takia.

Avainsanat: ilmastonmuutokset, kosteudenhallinta, lämmöneristys, rakentaminen

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Site Management

Author: Atte Puttonen

Title of thesis: The effects of climate change on construction

Supervisor: Olli Isopahkala

Year: 2020 Number of pages: 36 Number of appendices:

This thesis examined the effects of climate change on construction. Climate change is one of the biggest crises on our planet. Climate change is due to the release of greenhouse gases into the atmosphere and because of that temperatures are expected to rise by as much as six degrees at the end of the century.

The purpose of the thesis was to examine how climate change affected construction. The aim was to produce information with the help of which construction would be technical and economical taking climate change into account.

Construction is becoming more ecological. The aim is to concentrate construction on existing residential areas. The aim is to concentrate construction on existing residential areas. Wherever possible efforts will be made to map downtown areas for refurbishment to attract residents to services, thus reducing private car use. Building regulations aim to make houses more energy efficient resulting in extra thermal insulation of the outer sheath. Additional insulation and the predicted climate change may increase the risk of mold growth and moisture problems in the structures. In future construction should pay more attention to increasing rain and rising temperatures. There should be a focus on humidity control at construction sites and keeping structures as dry as possible. In future U-values will create a situation where mass-structured buildings can no longer be built, even though mass should be favored because of its moisture-proof functionality.

Keywords: climate changes, moisture control, heat insulation, construction

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo	5
Käytetyt termit ja lyhenteet	6
1 JOHDANTO	7
2 ILMASTONMUUTOS	8
2.1 Ilmastonmuutos maailmassa	8
2.2 Ilmastonmuutos Suomessa.....	9
2.3 Ilmastonmuutoksen seuraukset maapallolle	11
3 ILMASTONMUUTOKSEN VAIKUTUKSET RAKENNUKSIIN	13
3.1 Rakenteen U-arvo.....	13
3.2 Rakennuksen ulkovaippa.....	14
3.3 Yläpohja.....	16
3.4 Ryömintätillallinen alapohja	16
3.5 Puurunkoinen ulkoseinä.....	18
3.6 Massiivirakenteet	20
4 ILMASTONMUUTOKSEN VAIKUTUKSET RAKENTAMISEEN	22
4.1 Ympäristön huomioon ottaminen rakentamisessa	22
4.2 Rakentamisessa huomioitavat asiat.....	23
4.3 Kosteudenhallinnan vaikutukset rakentamiseen	25
4.4 Rakenteet ja materiaalit	30
5 JOHTOPÄÄTÖKSET	33
LÄHTEET	35

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1 Suomessa tapahtuva vuotuinen sateen muutos prosentteina ajalla 2000-2085.....	10
Kuva 2 Suomessa tapahtuva vuotuinen lämpötilan muutos ajalla 2000-2085	11
Kuva 3 U-arvo eli rakennusosan lämmönläpäisykertoimen vertailuluku	13
Kuva 4 Keskilämpötilan muutos Suomessa vuoden eri kuukausina vuosilta 1981-2010 vuosiin 2070-2099.....	15
Kuva 5 Ryömintätilainen alapohja.....	17
Kuva 6 Lämmöneristeen sisäpinnan homeen kasvu puuverhotussa rankaseinässä	18
Kuva 7 Arvioitu sademäärän muutos vuosisadan loppuun mennessä.....	19
Kuva 8 Ulkopinnan lämmöneristeen homeen kasvu matalassa tiiliverhotussa rankaseinässä.....	19
Kuva 9 Tiiliharkko, jossa kennot täytetty perliittitäytteellä	21
Kuva 10 Kosteudenhallintaan vaikuttaa moni seikka	27
Kuva 11 Kosteusriskiluokitus ja menettely kosteudenhallinnan osalta.....	28
Kuva 12 Kosteudenhallintasuunnitelma	29
Kuva 13 Pientalon energia määrä testivuoden (2012) ja testivuoden (2030) säätiedoista laskettu kWh/(m ² *a)	32

Käytetyt termit ja lyhenteet

Passiivitalo	Passiivienergiarakennus ei tarvitse lainkaan lämmitys- eikä jäähdytysenergiaa.
U-arvo	Lämmönläpäisykerroin U [$W / (m^2 K)$] kertoo, minkä verran seinän läpi kulkee lämpövirtaa m^2 kokoisen alueen lävitse, kun lämpötilaeron suuruus on yksi aste.
Matalaenergiatalo	Matalaenergiarakennuksen lämpöhäviöiden tulee olla enintään 85 % rakennukselle määritellystä vertailulämpöhäviöstä.
Nollaenergiatalo	Nollaenergiarakennus tuottaa vähintään yhtä paljon uusiutuvaa energiaa kuin se kuluttaa uusiutumattomaa energiaa.
Ekologinen	Mahdollisimman vähän energiaa ja/tai resursseja kuluttavaa.
Konvektio	Lämmön kulkeutumista nesteessä tai kaasussa lämmön tai paine-erojen aiheuttamien virtausten mukana.
Ominaislämpökapasiteetti	Kuinka paljon lämpöenergiaa materiaaliin sitoutuu lämpötilaeroa ja massaa kohti.
Lämpöhäviö	Rakennuksen ulkovaipan läpi johtumalla, tai ilmanvaihdon kautta ulos pakenevaa lämmintä sisäilmaa.
Kondensoituminen	Aineen olomuodon muutosprosessi, jossa kaasumainen aine muuttuu nesteeksi.
CO₂-päästöt	Syntyvät palamisreaktioissa, joista lopputuotteena on muun muassa hiilidioksidikaasua.

1 JOHDANTO

Ilmastonmuutos on ajankohtainen asia ja se tulisi huomioida tämän päivän rakentamisessa. Rakentamisessa pitää ottaa huomioon ilmastonmuutoksen aiheuttamat riskit rakenteissa sekä rakennuspaikan valinnassa. Rakentamisen ekologisuus on tänä päivänä jokaisen asiaan perehtyneen huulilla. Kuinka rakentaa niin, että siitä olisi mahdollisimman vähän haittaa ilmastolle? Nykyään puhutaan paljon lähes nollaenergiataloista, kuinka nämä talot ovat tulevaisuutta.

Rakentaminen vaikuttaa ilmastoon, mutta rakennuksen käyttö vaikuttaa huomattavasti enemmän, koska rakennuksen lämmitys, valaistus, ilmanvaihto ja huolto kuormittavat luontoa enemmän kuin rakennusaika. Mikä olisi nykypäivänä ekologisin rakennuksen pääraaka-aine ja mistä raaka-aineesta pitäisi rakennusten runko tehdä? Millainen runko kestäisi parhaiten nyt ja tulevaisuudessa? Rakennetaanko puustan eri muodossa, onko betoni unohdettava epäekologisuutensa perusteella, vai aletaanko rakennuksia muuraamaan vanhan ajan malliin massiivisina tiilirunkoina? Mikä näistä raaka-aineista olisi sitten paras ratkaisu, jos ajatellaan ilmaston kuormitusta, ja sitä mikä kestää parhaiten tulevaisuuden ilmastonmuutokset?

Tutkimuksen tarkoituksena on tutkia, miten ilmastonmuutos vaikuttaa rakentamiseen. Tavoitteena on tuottaa tietoa, jonka avulla rakentaminen tapahtuu teknisesti ja taloudellisesti ilmastonmuutos huomioon ottaen.

Tulevaa ilmastoja on todella vaikea ennustaa, jos mietitään esimerkiksi 50 tai 100 vuoden päähän. Ilmastonmuutosta on tutkittu ympäri maailmaa ja tutkimuksista on tehty erilaisia arvioita ilmaston lämpenemisestä. Kun tutkitaan ilmastoja tutkimuksista, ei ikinä saada vedenpitäviä tuloksia vaan arvioita.

2 ILMASTONMUUTOS

2.1 Ilmastonmuutos maailmassa

Ilmastonmuutos on yksi maailman suurimmista kriiseistämme (WWF 2019). Se tarkoittaa ilmaston lämpenemistä. Ilmastonmuutos johtuu kasvihuonekaasuista ja niiden pääsystä ilmakehään. Jos kasvihuonekaasujen päästöjä ei hillitä, voi lämpötila nousta kahdesta kuuteen astetta vuosisadan loppuun mennessä. (Ilmasto.org [viitattu 1.12.2019].)

Osa ilmakehässä olevista kaasuista toimii kuin lasikupoli maapallon ympärillä, ne eivät päästä auringosta tulevaa lämpösäteilyä ilmakehästä pois. Kasvihuonekaasujen esiintyminen ilmakehässä on luonnollista, mutta joidenkin kaasujen määrä lisääntyy voimakkaasti ihmisten omien toimien takia. Esimerkiksi fluorikaasut, metaani, typpioksiduuli ja hiilidioksidi ovat kaasuja, jotka lisääntyvät ilmakehässä. (Euroopan Unioni [viitattu 2.12.2019].)

Ilmakehässä on 40 % enemmän hiilidioksidia nykyisin kuin mitä oli teollistumista ennen. Ilmakehään syntyy hiilidioksidia kaasuista eniten, juuri ihmisten omien toimien takia. Ihmisen toiminnasta syntyvä hiilidioksidi aiheuttaa 63 % ilmaston lämpenemisestä. Vaikka muut kasvihuonekaasut ovat prosentuaalisesti huomattavasti pienempiä ilmakehässä kuin CO₂ kaasut, ne ovat monin verroin tehokkaampia estämään lämpösäteilyn pääsyä avaruuteen. Ihmisen toiminnasta syntyvät metaani ja typpioksiduuli aiheuttaa noin 25 % ilmaston lämpenemisestä. (Euroopan Unioni [viitattu 2.12.2019].)

Hiilidioksidia ja typpioksiduulia ilmakehään pääsee hiilen, öljyn ja kaasun poltosta. Maataloudesta syntyvää metaania tuottavat koko ajan lisääntyvä lihakarja. Typpioksiduulin alkuperä löytyy lannoitteista, jotka sisältävät typpeä. Kun metsiä kaadetaan, kasvihuoneilmiö lisääntyy, kun metsistä vapautuu puiden varastoima hiili ilmakehään. (Euroopan Unioni [viitattu 2.12.2019].)

Ilmasto maapallolla on lämmennyt noin yhden asteen verrattuna 1800-luvun loppuun. Viimeiset vuosikymmenet ovat olleet lämpimimpiä sitten 1850-luvun, sitä en-

nen ei tilastointia ole tehty. Tutkijoiden arviot ilmaston lämpenemisestä kahdella asteella esiteolliseen aikaan verrattuna voi olla kriittinen raja maapallolle. (Euroopan Unioni [viitattu 2.12.2019].)

2.2 Ilmastonmuutos Suomessa

Suomessa ilmastonmuutos tarkoittaa lämpötilannousua, sademäärien kasvua, myrskytuulien muutoksia, lumipeitteen ja roudan vähenemistä, pilvisyyden lisääntymistä ja auringonpaisteen vähenemistä, sekä Itämeren pinnankorkeuden nousua. (Ilmasto-opas 2017.)

Tutkimusten mukaan Suomen ilmasto lämpiää jopa kuusi astetta vuosisadan loppuun mennessä (kuva 2). Sen seurauksena sademäärät kasvaisivat jopa 30 % vuosisadan loppuun mennessä (kuva 1). Muutos ei tapahdu heti, eikä sitä välttämättä huomaa sateiden suurien vaihteluiden takia. Vaikutus kasvaa, mitä pohjoisemmaksi mennään. Tulevaisuudessa yhä suurempi osa sateesta tulee vetenä. (Ilmasto-opas 2017.)

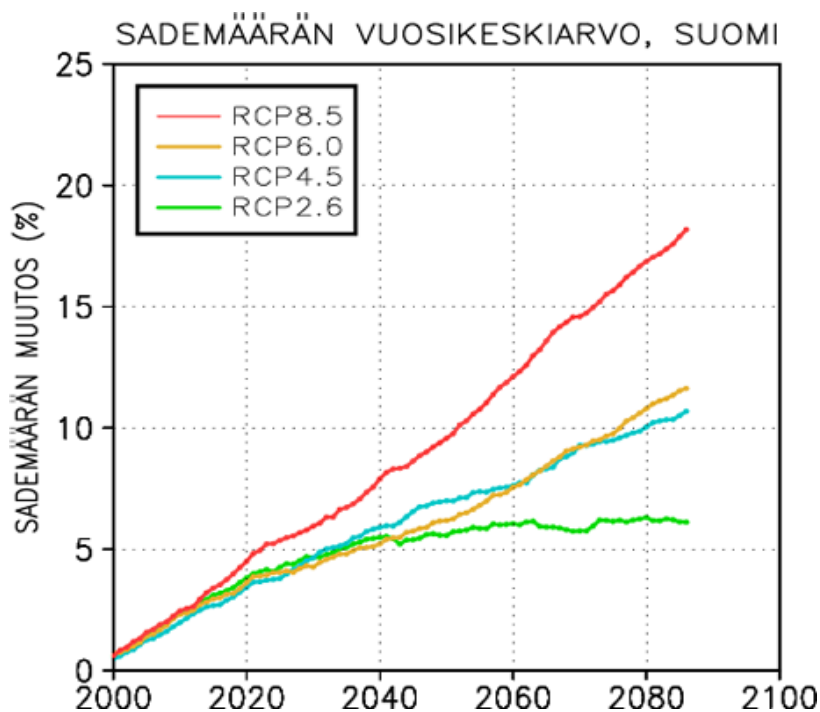
Ilmastonmuutos vaikuttaa vuodenaajoista voimakkaimmin talveen, silloin lämpötilat nousevat puolet enemmän kuin muina vuodenaikoina. Pohjoisemmaksi mentäessä lämpeneminen kiihtyy jonkin verran. Tulevaisuudessa talvella myös sataa enemmän kuin tällä hetkellä. Arvioitu sademäärä olisi noin 7-30 % suurempi kuin verrattuna 1981-2010 ajan jaksoon. Talvella sadepäiviä olisi useammin kuin nykyisin, ja sade tulisi eri olomuodoissa vetenä, räntänä ja lumena. Suurin osa sateesta saataisiin kuitenkin vetenä myös talvella. (Ilmasto-opas 2017.)

Tulevaisuudessa talvikuukausien sateet tulevat veden muodossa, eikä lunta saada vanhaan malliin. Talvella lämpötila nousee yhä useammin plussan puolelle, mikä sulattaa vähäisetkin lumet. Eteläisessä Suomessa päivät, jolloin on lunta maassa, saattavat vähentyä alle puoleen vertailu vuosista 1960-1990 vuosisadan loppuun mennessä. (Ilmasto-opas 2017.)

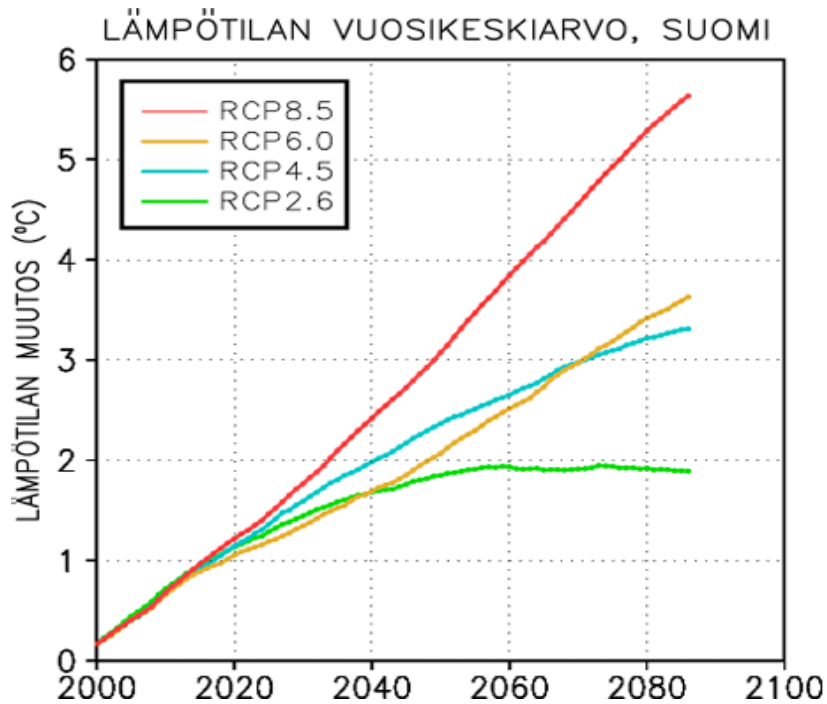
Tulevaisuudessa talviaikana on myös huomattavasti pilvisempää kuin nykyisin. Pilvisellä kelillä myös auringon säteilystä saatava valoisuus vähenee. Talvikuukausista tulee entistä pimeämpiä pilvisyyden ja lumettomuuden takia. (Ilmasto-opas 2017.)

Ilmastonmuutos kuivattaa myös maaperää tehokkaasti, jolloin siitä kärsivät erityisesti puut ja kasvit. Suomen ilmaston on ennustettu olevan nykyistä huomattavasti sateisempaa, mutta lämpötilojen nousu haihduttaa maaperään tulevan veden tehokkaammin kuin aiemmin, jolloin maaperä kuivuu. Kesäkuukaudet ovat maaperän kuivumisen kannalta kriittisimmät. (Ilmasto-opas 2017.)

Kesäkuukaudet tulevat olemaan keskimäärin noin kolme astetta lämpimämpiä kuin vertailu jaksolla 1980-2010. Ilmastonmuutos tuo yhä enemmän hellepäiviä ja hellejaksojen pituudet kasvavat tulevaisuudessa. (Ilmasto-opas 2017.)



Kuva 1. Suomessa tapahtuva vuotuinen sateen muutos prosentteina ajalla 2000-2085 (Ilmasto-opas 2017).



Kuva 2. Suomessa tapahtuva vuotuinen lämpötilan muutos ajalla 2000-2085 (Ilmasto-opas 2017).

2.3 Ilmastonmuutoksen seuraukset maapallolle

Tutkimusten mukaan ilmastonmuutoksen vaikutukset maapallon eläimiin, kasvillisuuteen ja ilmastoon, ovat varsin synkkiä. Napajäätiköiden sulaminen, tuhoeläinten ja -kasvien leviäminen, sekä tulva- ja sadevedet ovat mahdottomia hallita (WWF 2019).

Uusimmat raportit ennustavat, että tulevaisuudessa merien pinnat saattavat nousta nykyisestä korkeudesta jopa metrin 2100-luvulle mennessä. Ennusteissa myös todetaan, että vaikka ilmastonmuutos saataisiin pysäytettyä, merien pinnan nousu jatkuu vuosituhansia. Pienet saarivaltiot valtamerien atolleilla menettäisivät merkittäviä alueita, jos merenpinta jatkaa näin nopeaa nousemista. (Ilmatieteenlaitos [viitattu 1.12.2019].)

Ilmastonmuutoksen vaikutukset ulottuvat kaikkialle maapallollemme. Rannikkoalueiden eroosio sekä alanko alueiden tulviminen lisääntyy, kun mannerjäätiköt sekä korkeiden vuorenhuippujen jäätiköt sulavat ilmaston lämpenemisen seurauksena.

Rankkasateiden ja äärimmäisten säätyyppien lisääntyminen saattaa johtaa vedenpintojen hallitsemattomaan nousuun ja ihmisille tärkeän käyttöveden saastumiseen. Osa asutetuista alueista saattaa menettää vesivarat kokonaan. (Euroopan Unioni [viitattu 16.12.2019].)

Esimerkiksi Euroopassa taajamien olosuhteet heikentyvät erittäin paljon. Euroopassa suurin osa ihmisistä asuu nykyisin taajama-alueilla, mutta taajama-alueiden sopeutuminen ilmastonmuutoksen tuomiin haasteisiin on hyvin puutteellista. (Euroopan Unioni [viitattu 16.12.2019].)

3 ILMASTONMUUTOKSEN VAIKUTUKSET RAKENNUKSIIN

3.1 Rakenteen U-arvo

Lämmönläpäisykerroin U [$W/(m^2 K)$] kertoo, minkä verran seinän läpi kulkee lämpövirtaa m^2 kokoisen alueen lävitse, kun lämpötilaeron suuruus on yksi aste (Mäkitalo 2012, 14).

Ympäristöministeriössä on suunniteltu rakennuksien U -arvon (kuva 3) tiukennuksia, jonka seurauksena rakennuksien ulkovaippojen eristeen paksuus tulee nousemaan tulevaisuudessa tasolle, jossa U -arvo pienenee 30 %. Ympäristöministeriössä on laskettu, että U -arvon tiukennus toisi 30 % parannuksen energiatehokkuuteen, kun verrataan nykypäivän rakentamismääräyksiä, ja se taas pienentää ilmaan pääsevien kasvihuonekaasujen määrää. Eristemäärän lisäyksellä saattaa olla kosteusteknisiä riskejä tulevaisuudessa, kun ilmasto muuttuu lämpöisemmäksi ja kosteammaksi. (Ympäristöministeriö 2019.)

a) seinä	0,17 $W/(m^2 K)$;
b) massiivipuuseinä, jonka keskimääräinen paksuus on vähintään 180 mm	0,40 $W/(m^2 K)$;
c) yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,09 $W/(m^2 K)$;
d) ryömintätilaan rajoittuva alapohja	0,17 $W/(m^2 K)$;
e) maata vasten oleva rakennusosa	0,16 $W/(m^2 K)$;
f) ikkuna, kattoikkuna, ovi, kattovalokupu, savunpoisto- ja uloskäyntiluukku	1,0 $W/(m^2 K)$.

Kuva 3. U-arvo eli rakennusosan lämmönläpäisykerroimen vertailuluku (Ympäristöministeriö 2017).

Rakennuksien lämmöneristysmääräyksien ja energiankulutusmääräyksien tiukentaminen tuottaa rakentamiseen vaikutuksia, joita on haastavaa ja monimutkaista arvioida. Kyseessä ei ole ainoastaan rakennusfysikaalinen asia, vaan siinä tulee ottaa huomioon myös rakennustekniset ja taloudelliset asiat huomioon ja tarkastella näitä asioita yhdessä. Kun lämmöneristysmääräyksiä tarkastellaan rakennusfysiikan näkökulmasta, saattaa rakenne toimia jokseenkin kohtuullisesti, mutta rakennusteknisesti ja taloudellisesti sitä ei ole järkevää toteuttaa. (Tampereen teknillinen yliopisto 2008.)

U-arvon tiukennus saattaa kasvattaa kosteuden aiheuttamien vaurioiden riskiä monella tavalla. Näihin vaikuttaa muun muassa rakenteet, käytettävät materiaalit, olosuhteet rakentamisen aikana, sekä rakennettavan rakennuksen sijainti. U-arvon tiukentaminen ja sen myötä kasvavat lämmöneriste paksuudet johtavat ulkovaipan heikentyneeseen kosteustekniseen toimintaan, ja tietyissä tilanteissa saattaa ulkovaipan lämpötekniinen toiminta heikentyä. Ulkovaipan eristyksen lisääminen johtaa rakenteen uloimpien osien jäähtymistä ja näin lisää riskiä homeen kasvulle ja kosteuden kondensoitumiselle. (Tampereen teknillinen yliopisto 2008.)

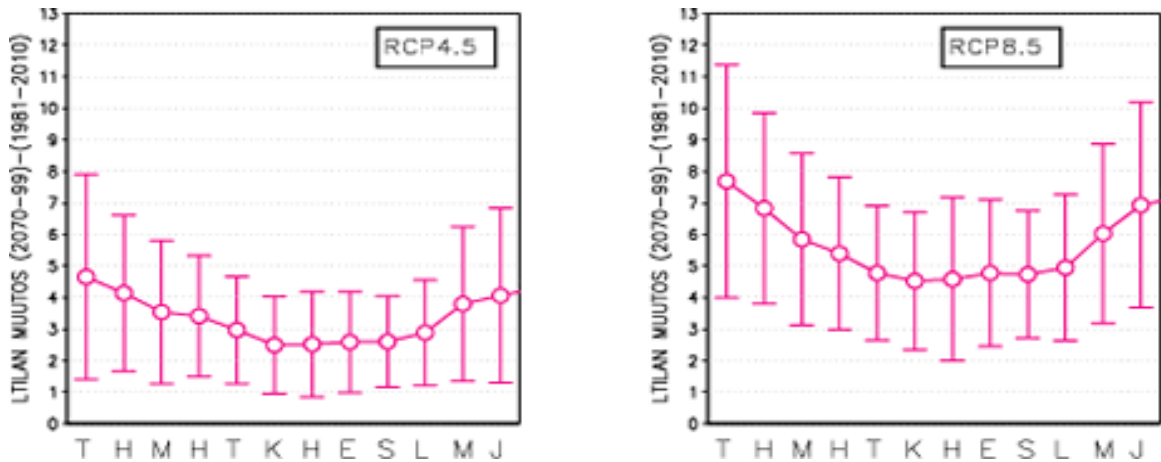
Kun lämmöneristettä lisätään ulkovaippaan heikentää se auringosta saatavan lämpöenergian varastoitumista varsinkin massiivisissa seinärakenteissa, joissa pitää silloin huomioida lisäeristyksen tarve. Lisäeristys myös estää lämmön poistumisen rakenteista, jolloin varsinkin kesäaikana sisätilojen jäähdytyksen tarve kasvaa. Tutkimusten mukaan seinien U-arvon tiukennus tuo mukanaan suuria rakennusteknisiä ongelmia, ja samalla rakentamisen kustannukset nouseva (Tampereen teknillinen yliopisto 2008.)

3.2 Rakennuksen ulkovaippa

Ilmastonmuutos tarkoittaa Suomessa lisääntyviä vesisateita varsinkin talvella, jolloin lumi muuttuu painavaksi ja näin esimerkiksi talojen katot ovat koetuksella. Lämpötilan sahatessa myöskään rakennukset eivät pääse kuivumaan samalla tavalla. (Rakentajan ekolaskuri 2016.)

Ilmastonmuutoksen suurin vaikutus rakennustoimintaan on lämpötilojen nouseminen talvikuukausina (kuva 4). Talvella pitkien pakkasjaksojen aikana esimerkiksi betonityöt ja rakennusten perustustyöt ovat olleet erittäin haastavia. Lauhtumisen seurauksena näiden töiden tekeminen helpottuu, eikä betoni pääse jäätymään niin helposti. Kun ilma lauhtuu tulevat sen mukana sateet ja kostea ilma, joka asettaa haasteita rakennustarvikkeiden kuivana pysymiselle. Kun kaikki vaikutukset otetaan huomioon, ilmastonmuutos näyttäisi lisäävän rakennusten ylläpitoon liittyviä toimintoja. Varsinkin leutoina talvikuukausina rakennusten julkisivujen pintaverhoilu rasittuu entistä enemmän märistä ja tuulisista olosuhteista. Sademäärien lisääntyessä kasvaa julkisivujen rasitus sadevedestä 20-50 prosenttia. Sade ja tuuli yhdessä lisäävät

viistosateen aiheuttamaa kastumista varsinkin korkeisiin seiniin, ja sellaisten rakennusten julkisivuihin, joissa ei ole räystäitä. (Ilmasto-opas 2017.)



Kuva 4. Keskilämpötilan muutos Suomessa vuoden eri kuukausina vuosilta 1981-2010 vuosiin 2070-2099 (Ilmasto-opas 2017).

Talvikuukausien leudommat ja kosteammat olosuhteet pitkittävät julkisivujen kuivumisesta huomattavasti. Näin ollen huoltoväli julkisivuissa lyhenee oleellisesti. Lämpötilan sahaaminen plussan ja miinuksen välillä tulee lisäämään betonin rapautumista, sekä nostaa riskiä kemialliselle syöpymiselle betonirakenteissa. Betonipintaisissa julkisivuissa voi ilmetä tämän seurauksena rakenteellisia ja kosmeettisia vaurioita. (Ilmasto-opas 2017.)

Kosteustekniset ongelmat ovat tiedossa jo nykypäivän rakentamisessa, mutta ilmastonmuutos tuo suunnitteluun ja toteutukseen entistä enemmän kosteusteknisiä riskitekijöitä, jotka pitää ottaa huomioon matalaenergiataloissa (Ympäristöministeriö 2019).

Sadetta saadaan eri olomuodoissa vesisateena, räntäsateena ja lumisateena. Tuulien lisääntyessä viistosateiden määrä kasvaa huomattavasti. Viistosade rasittaa varsinkin seinärakenteita ja ikkunoita. Räystäättömässä rakennuksessa tyynelläkin kelillä seinärakenteet pääsevät kastumaan, vaikka sade tulee pystysuorana. (Siikainen 2014, 66.) Sademäärien muutoksia on arvioitu kuvassa 1 (Ilmasto-opas 2017).

3.3 Yläpohja

U-arvon tiukennus yläpohjan lämmöneristykseen johtaa tarvetta eristyksen lisäämiselle, jolloin sen kosteustekninen toiminta heikkenee. Jos eristepaksuutta kasvatetaan, johtaa se tuuletustilan viilentymiseen, ja tästä seuraa olosuhteiden muuttuminen homeenkasvulle otollisiksi. Yläpohjissa esiintyy jo tällä hetkellä kosteusteknisiä ongelmia, eikä se tulevasta ilmastonmuutoksesta ainakaan parane. (Tampereen teknillinen yliopisto 2008.)

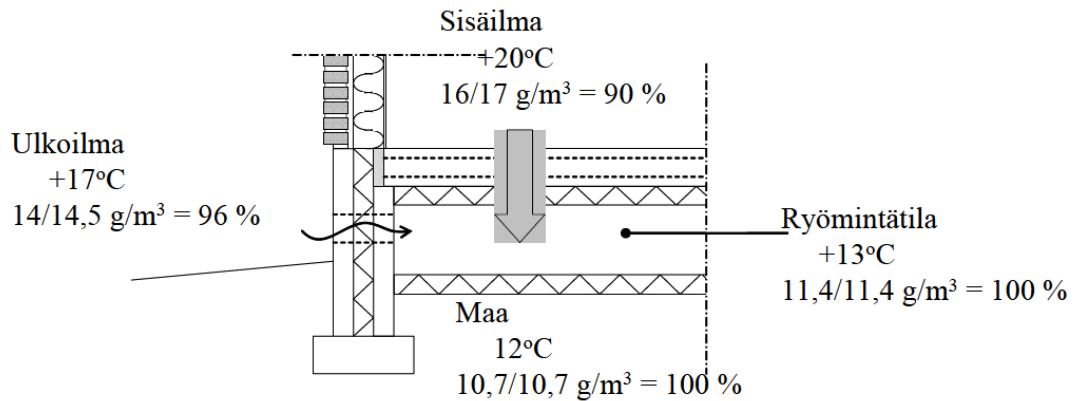
Yläpohjan lämmöneristuksen lisääminen on helpohkoa varsinkin, jos se tehdään sellaisella eristemateriaalilla, jota voidaan puhaltaa. Yläpohjasta voidaan todeta, ettei sen lisäeristäminen tuo mainittavaa hyötyä, koska yläpohjan eristys on jo nyt erittäin hyvä. Jos ilmastonmuutos tuo lämpöisempiä ja kosteampia kelejä, muuttaa se yläpohjan olosuhteita siten että homeen kasvu on entistä herkempää. Tästä syystä homeenkasvulle paremmat olosuhteet syntyvät myös kesäaikana höyrynsulkuovien yläpintaan, kun rakennuksia jäähdytetään. (Tampereen teknillinen yliopisto 2008.)

3.4 Ryömintätalallinen alapohja

U-arvon tiukentaminen nykyisestä johtaa lämpövuotojen määrän vähenemiseen ryömintätilaan ja tästä syystä ryömintätilan lämpötila laskee. Tämä aiheuttaa ryömintätilaan mikrobeille otolliset kasvuolosuhteet, jotka kestävät vuosittain pidemmän aikaa. Eristeen lisääminen saattaa aiheuttaa myös kovilla pakkasjaksoilla ryömintätalassa olevien eristämättömien tai huonosti eristettyjen putkien jäätyminen. Ryömintätalallisen alapohjan lämmöneristuksen lisääminen tuo merkittäviä heikennyksiä kosteustekniseen toimivuuteen (kuva 5). (Tampereen teknillinen yliopisto 2008.)

Ryömintätalallinen alapohja on jo nykyisilläkin eristemääräyksillä riskialttiimpi rakenne homeongelmille kuin tuulettuva yläpohja, koska alapohjan vastainen maaperä luo hyvät kasvuolosuhteet homeelle. Ryömintätalassa vallitseva olosuhde luo otollisen

kasvualustan myös lahottajasienelle. Ilmastonmuutos tuo entistä enemmän kosteutta ryömintätilaan ja pahentaa tilannetta entisestään. (Tampereen teknillinen yliopisto 2008.)



Kuva 5. Ryömintätilainen alapohja (Tampereen teknillinen yliopisto 2008).

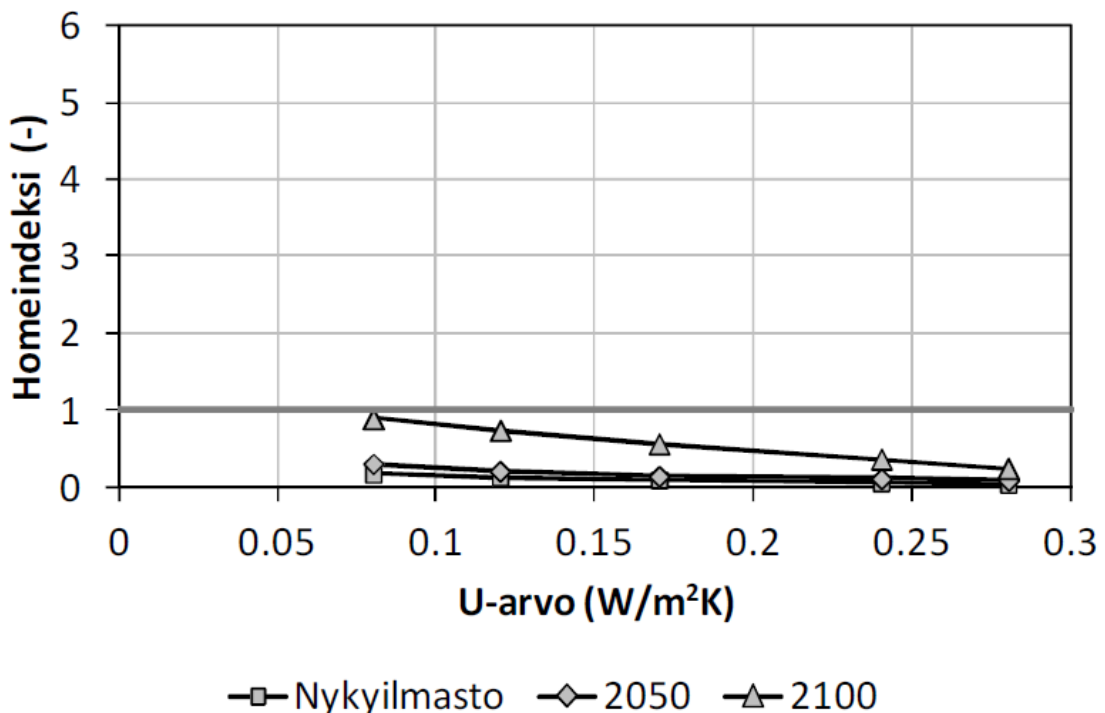
Lämmöneristettä lisättäessä alapohjarakenteisiin kasvaa ajan määrä vuositasolla, jolloin olosuhteet ovat sellaiset, missä mikrobit alkavat kasvamaan ja ilmastonmuutos pidentää tätä aikaa entisestään. Ryömintätilainen alapohjarakenne, mikä tuulettaa ulkoilmalla, on riskirakenne jo nykyisillä eristemäärillä mikrobien kasvun kannalta. Nykyisillä määräyksillä tehtynäkin saattavat alapohjat, jotka ovat puurakenteisia, jopa lahota. Kun eristemääriä lisätään ja ilmastonmuutoksen vaikutukset otetaan huomioon niin olosuhteet pahenevat entisestään. (Tampereen teknillinen yliopisto 2008.)

Ryömintätilaisessa alapohjassa lämpöhäviötä on yhtä paljon kuin rakenteissa, jotka rajoittuvat ulkoilmaan, koska maaperästä nouseva lämpö lämmittää ryömintätilaa. Tämän seurauksena lämmöneristeen lisääminen taloudellisessa mielessä ei ole järkevää. (Tampereen teknillinen yliopisto 2008.)

3.5 Puurunkoinen ulkoseinä

Lämpöeristeen paksuuden kasvattaminen ulkoseinän osalta vähentää lämmönsiirtymistä seinärakenteen ulko-osiin, jonka johdosta rakenteen uloimmissa osissa saattaa syntyä olosuhteet, jotka lisäävät riskiä homeen kasvulle ja kosteuden kondensoitumiselle. Kosteustekninen toiminta rakenteissa heikkenee entistä enemmän ilmastonmuutoksen vaikutuksesta. (Mäkitalo 2012, 121.)

Nykyisessä ilmastossa ja vuosisadan loppuun ennustetussa ilmastossa puuverhoituissa ulkoseinärakenteissa kosteusvirta on yleensä sisältä ulospäin. Tällöin kosteuden kondensoitumisriskiä tai homeen kasvun riskiä ei tapahdu rakenteen sisimmissä osissa (kuva 6). Kun seinärakenteessa on käytetty höyrynsulkua, toimii se kosteusteknisesti oikealla tavalla materiaali valinnoista ja vuodenaajoista välittämättä oikealla tavalla. (Mäkitalo 2012, 121.)



Kuva 6. Lämmöneristeen sisäpinnan homeen kasvu puuverhotussa rankaseinässä (Mäkitalo 2012, 98).

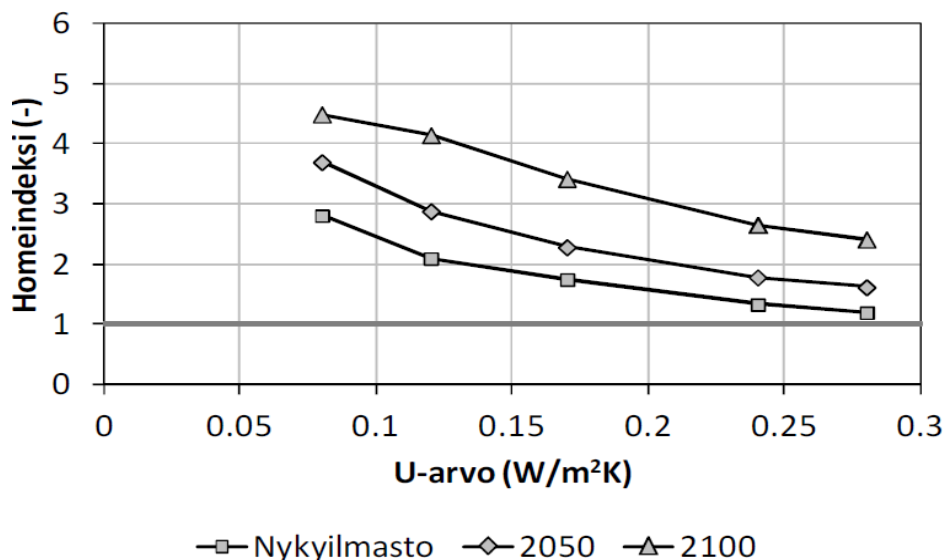
Puurunkoinen seinärakenne, jossa on muurattu tiiliverhous, saattaa toimia kosteusteknisesti heikosti tulevaisuudessa, kun lämpötilat nousevat ja sateet lisääntyvät il-

mastonmuutoksesta johtuen (kuva 7). Tiille ominainen vedenimukyky ja ominaislämpökapasiteetti, sekä rakenteen tyypillinen pieni ilmarako ja heikko ilmanvaihto ilmaraossa mahdollistavat homeen kasvulle otolliset olosuhteet (kuva 8). (Mäkitalo 2012, 121.)

Viistosade kastelee tiiliverhouksen melko märäksi. Kun aurinko alkaa kuivattamaan märkää tiiliverhoususta, haihtuu kosteus muurauksen takana olevaan tuuletusrakoon, jossa suhteellinen kosteus nousee. (Mäkitalo 2012, 121.)

Muuttuja	Alue	Talvi	Kevät	Kesä	Syksy	Vuosi
Keskimääräinen sademäärä	Pohjois-Suomi	kasvaa huomattavasti	kasvaa	kasvaa	kasvaa	kasvaa
	Etelä-Suomi	kasvaa	kasvaa	ennallaan	kasvaa	kasvaa
Sadepäivien määrä	Pohjois-Suomi	lisääntyy	ennallaan	ennallaan	lisääntyy	lisääntyy
	Etelä-Suomi	lisääntyy	ennallaan	ennallaan	ennallaan	lisääntyy
Rankkasateiden voimakkuus	Pohjois-Suomi	lisääntyy	lisääntyy	lisääntyy	lisääntyy	lisääntyy
	Etelä-Suomi	lisääntyy	lisääntyy	lisääntyy	lisääntyy	lisääntyy
Sateettomien poutajaksojen pituus	Pohjois-Suomi	lyhenee	ennallaan	ennallaan	lyhenee	lyhenee
	Etelä-Suomi	lyhenee	ennallaan	ennallaan	ennallaan	ennallaan

Kuva 7 Arvioitu sademäärän muutos vuosisadan loppuun mennessä (Ilmasto-opas 2017)



Kuva 8. Ulkopinnan lämmöneristeen homeen kasvu matalassa tiiliverhotussa rankaseinässä (Mäkitalo 2012, 92).

3.6 Massiivirakenteet

Massiivisista seinärakenteista yleisimpiä ovat hirsiseinät ja kevytbetoniseinät. U-arvo vaatimuksien kiristyessä tulee massiivisten seinärakenteiden käyttö lähes mahdottomaksi kevytbetonituotteilla, ja hirsituotteilla se on haastavaa. Kosteusteknisesti yksiaineiset seinät toimivat täydellisesti, koska niissä ei ole eri ainekerroksia vaan seinärakenne on samaa ainetta sisältä ulos saakka, jolloin rakenteeseen ei pääse tiivistymään kosteutta. Kun U-arvon vaatimuksia kiristetään ja massiivirakennetta aletaan lämmöneristämään, saattaa lämpöeristeen ja massiivirakenteen väliin tiivistyä kosteutta. Olosuhde rakenteessa saattaa muuttua myös otolliseksi homeen kasvulle. (Tampereen teknillinen yliopisto 2008.)

Rakennukset, jotka ovat massiivirakenteisia, lämmitysenergian kulutus on pienempi kuin mitä U-arvo laskelma osoittaa. Tämä siitä syystä, että rakenne lämpiää auringosta tulevalta lämpöenergialla ja lämpö varastoituu massiiviseen rakenteeseen. Lämmöneristeen lisääminen vähentää massiivirakenteeseen varastoituvan lämpöenergian määrää. Massiivirakenteisen seinän kosteustekninen toiminta heikkenee, kun rakenne eristetään sisäpuolelta, eikä lämmöneristeen materiaalivalinnoilla voida tähän vaikuttaa. Olosuhteet voivat muuttuvat rakenteen sisäpinnassa otolliseksi homeen kasvun kannalta ja kosteuden kondensoitumiselle. Eristetty massiivirakenne ei myöskään kuivu yhtä nopeasti kuin eristämätön rakenne. (Tampereen teknillinen yliopisto 2008.)

Jos lämmöneristys tehdään avohuokoisella eristeellä ulkopuolelta, saadaan rakenteen kosteusteknistä toimintaa parannettua, mutta ulkopuolinen eristys heikentää auringosta saatavan lämpöenergian varastoitumista massiivirakenteeseen. Kun rakennuksen massiiviseinärakenteen lämmönvarauskyky otetaan lämmönkulutuslaskelmissa huomioon, saattaa se pienentää lämmönkulutusta vuosittain jopa 10 %. Kulutuksen pienemiseen vaikuttaa moni asia esimerkiksi, missä rakennus sijaitsee maantieteellisesti, sekä julkisivun väri ja rakenteen paksuus. (Tampereen teknillinen yliopisto 2008.)

Tiilestä rakennettu massiivinen seinärakenne voi kasvattaa rakennuksen energiansäästöä jopa 15 %. Tutkimukset osoittavat, että tiilestä tehty massiivirakenne tasoittaa lämpötila vaihtelua eli se on talvella lämmin, mutta kesäkaudella tiilestä rakennetun rakennuksen sisäilma on viileämpää kevytrakenteisiin ratkaisuihin verrattuna. (Wienerberger 2019.)

Tiilirakenne on myös hyvin ekologinen rakenne, koska tiilen raaka-aineet, joihin on sitoutunut CO₂-päästöjä, sekä tiilen valmistuksessa syntyvät CO₂-päästöt, kuolettu-
vat noin 60 vuodessa. Tiili on myös pitkäikäinen ja huoltovapaa, eikä se kuormita luontoa, koska tiiltä voi käyttää uudelleen ja sen voi myös kierrättää. (Wienerberger 2019.)



Kantava runko Poroton S8 P

Kuva 9. Tiiliharkko, jossa kennot täytetty perliittitäytteellä (Wienerberg 2019).

Massiiviseinärakenteitakin on ruvettu kehittämään siihen suuntaan, että niitä voitaisiin käyttää tulevaisuudessakin rakentamisessa, vaikka U-arvo tiukennukset tulisivatkin tulevaisuudessa voimaan. Tiiliteollisuus on kehittänyt kennorakenteisen tiiliharkon (kuva 9), joka soveltuu sekä pientalo rakentamiseen että kerrostalo rakentamiseen. Tiiliharkon lämmönläpäisykerroin on ainoastaan 0.16W/m²K. (Wienerberger 2019.)

4 ILMASTONMUUTOKSEN VAIKUTUKSET RAKENTAMISEEN

4.1 Ympäristön huomioon ottaminen rakentamisessa

Ilmastonmuutoksen vaikutukset ja hillitseminen näkyvät myös rakennetun ympäristön muodostaviin osa-alueisiin eli korjausrakentamiseen, uudisrakentamiseen, ja niiden panostusta energiatehokkuuteen. Energiatehokkuutta tulisi parantaa myös rakennusten huollossa ja ylläpidossa. Uudistuvan energian eri käyttömahdollisuuksia tulisi tarkastella ja mahdollisuuksien mukaan käyttää. Koska päätöksiä, joita tehdään aluekäytön ja rakentamisen suhteen tällä hetkellä, tulevat näkymään vielä pitkälle tulevaisuudessa. Infrastruktuurin muutokset Suomessa muuttuvat verkkaisella aikataululla. Huomattava osa energian kulutuksesta nykyisin kulutetaan juuri rakennetussa ympäristössä. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2014.)

Suomessa 2020 loppuun mennessä ja siitä eteenpäin tulee kaikkien uusien rakennusten täyttää lähes kaikki nollaenergiatalon kriteerit. Tällä toimenpiteellä saadaan uudisrakennukset pienemmän energiakulutuksen piiriin. Korjausrakentamisessa otetaan käyttöön ohjeistuksia, joilla tarvittaessa saadaan kustannustehokkaasti energiansäästömahdollisuudet käyttöön, koska korjausrakentaminen tulee kasvamaan entisestään, johtuen rakennuskannan iästä. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2014.)

Rakennetussa ympäristössä tulisi uusi älykäs teknologia ottaa mahdollisuuksien mukaan käyttöön ja hyödyntää sen tuomat edut niin taloudellisesti kuin ilmastonmuutoksen näkökulmasta katsottuna. Rakentamisessakin tulisi parantaa materiaali- ja energiatehokkuutta kaikilla osa-alueilla. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2014.)

Rakennetussa ympäristössä ja alueidenkäytön suunnittelussa suurimmat kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen suunnitellut ratkaisut liittyvät kaavoitukseen, sekä yhdyskuntien ja yhdyskuntarakenteen toimivuuteen. Ratkaisuissa tulisi ottaa huomioon myös kaupungin sisäisen osien, maankäytön ja liikenteen sovittaminen yhteen. Päästöjen vähentämisessä pyritään myös luomaan edellytykset uusiutuvan energian käytölle ja toteutukselle. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2014.)

Asuinalueen tulisi olla sellainen, että siellä olisi mahdollista viettää mahdollisimman vähän saastuttavaa elämää. Kaupunkialueilla tulisi olla palveluiden saaminen kävelyetäisyyden päässä, hyvä ja luotettava joukkoliikenne, sekä koko kaupungin kattava kevyenliikenteen verkosto, joka olisi myös talvella kunnossa. Viheralueiden kattavuus kaupunki alueella sekä virkistysalueiden sijainti joukkoliikenteen varrella vaikuttavat vähentävästi saastuttamiseen. Kasvihuonekaasujen vähentämiseen suunnitellut ratkaisut ja niiden toteutus saattavat poiketa eri alueilla paljonkin, koska muutoksiin tarvitaan lähes aina rahallisia investointeja. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2014.)

Kun kaupunkien asukasluku kasvaa, levittäytyvät kaupungit laajemmalle alueelle, ja sen myötä hajautuu myös koko yhdyskuntarakenne. Kaupunkien kasvu aiheuttaa ongelmia kaupunkien reunamilla asuville, koska työmatkat pidentyvät, asiointimatkat kaupunkiin pidentyvät ja näin myös yksityisautoilu lisääntyy. Tämän on saanut aikaan kaupunkialueiden leviäminen ja hajarakentaminen. Kaupunkien kaavoittamat alueet kaupunkien laitamille vaativat yksityisautoilun lisääntymistä. Laajalle alueelle levinnyt rakenne ei tue joukkoliikennettä, eikä sitä ole järkevää järjestää alueille, joissa ei ole tarpeeksi käyttäjiä, jotta se olisi kustannuksiltaan järkevää toteuttaa ja olisi päästöjen alentamisen kannalta tehokasta. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2014.)

Uudet kaavoitetut asuinalueet rakennuksineen ja infrastruktuuri tuovat ilmakehään poikkeuksetta enemmän hiilidioksidipäästöjä kuin täydennysrakentaminen kaupunkien keskustoihin. Uudet asuinalueet myös usein kaavoitetaan alueille, joissa on ennestään puustoa, joka joudutaan kaatamaan rakennusten tieltä ja näin myös hiilinielut vähenevät, eikä näitä alueita pystytä korvaamaan uusilla hiilinieluilla. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2014.)

4.2 Rakentamisessa huomioitavat asiat

Mitä meidän tulisi ottaa huomioon tulevaisuudessa, kun suunnittelemme ja rakennamme taloja, joiden tulisi kestää ihmisten käytössä 50-100 vuotta? Ennen Suomessa kesät olivat kuumia ja talvet kylmiä. Nykyään kesät ovat todella kuumia ja

talvet todella leutoja. Varsinkin talvella rakennukset joutuvat kestämaan todella kosteita olosuhteita, siksi niiden ulkovaippojen tulisi olla erittäin hyvin hengittäviä. Materiaalien valinnat pitäisi tehdä sen mukaan, että ne sietäisivät erittäin hyvin kosteutta ja olisivat myös hengittäviä. Kesän ja talven vesisateet saattavat vaikuttaa jopa rakennuspaikan valintaan, koska osa tonteista saattaa päätyä vesihaudaksi, tai rankkasateet saattavat saada maamassat tontilla liikkeelle. Tulevaisuudessa geotekniikka ja rakennusfysiikka on otettava huomioon nykyistäkin paremmin. (Rakentajan ekolaskuri 2016.)

Maaperän routiminen vähenee, kun talvet lämpenevät. On arvioitu, että alueilla, joissa ei ole lunta saattaa routa jäädä 0.5-1.0 metriä nykyistä lähemmäs maanpintaa. Maaperän vesipitoisuus lisääntyy varsinkin talvikuukausina kasvavan sademäärän vuoksi. Tämä vaikuttaa negatiivisesti maaperän lujuusominaisuuksiin, mikä taas vaikuttaa heikentävästi maan kantavuuteen. Kesäkuukausien lämpötilojen nousu, sekä sateiden vähäisyys pienentävät pohjavesimassaa, jolloin maanpinta lähtee vajoamaan. (Ilmasto-opas 2017.)

Ilmastonmuutos ja sen myötä kiristyneet energiaa säästävät toimenpiteet, kosteusvaurio ja homeongelmat ovat nostamassa rakennusfysiikkaa yhdeksi tärkeimmäksi osa-alueeksi rakentamisessa. Ilmastonmuutos on keskeisessä roolissa, kun rakennusfysikaaliset laatuvaatimukset kiristyvät entisestään mm. höyryn- ja ilmansuuluissa, ulkovaipan lämmöneristämässä, kosteusasioissa ja tuulen suojauksessa. (RIL 255- 1- 2014, 14.)

Tuuli tulisi ottaa entistä tarkemmin huomioon tulevaisuudessa, kun suunnitellaan rakentamista. Tuulien vaikutuksiin rakennuksissa vaikuttaa tuulen voimakkuus, rakennusten koko ja muoto, maaston muoto, miten rakennuksen ympärillä oleva rakennuskanta sijoittuu, miten viherrakentaminen on suunniteltu, tuleeko tuulen estävää kasvillisuutta tai puustoa rakennuksen ympärille sekä ikkunoiden ja ovien sijainti rakennuksessa. Tuuli aiheuttaa rakennukselle erilaista rasitusta itse rakenteissa ja sisäilmastossa. Tuulisella säällä rakennuksen sisällä ilmanpaine vaihtelee, mikä aiheuttaa rakenteissa kosteusrasituksia. (Siikanen 2014, 11-12.)

Tuulen merkitys rakennusten energiakulutukseen on kohtuu suuri, kun normaali tuulen nopeus (< 10 m/s) kaksinkertaistuu, vaikutus lämpöhäviöön on tällöin jopa 10

%. Hyvä rakennuksen sijoittelu tontille ja mahdolliset tuulensuojat rakennuksen ympärillä mahdollistavat jopa 5-20 % säästön vuotuisen lämmitysenergia kulutukseen. (Siikanen 2014, 14-15.)

Vuoden 2020 lopussa kaikki uudet rakennukset ovat nollaenergia tasoa, ja korjausrakentamisen energiatehokkuus on parantunut vuonna 2013 tulleilla rakentamismääräyksillä. Lisäksi rakennuksissa on alettu käyttämään yhä enemmän uudistuvaa energiaa käyttävien lämmitysjärjestelmien käyttöä energiantuotannossa. Uudistuvaa energiaa käyttäviä rakennuskohtaisia lämmitysjärjestelmiä tullaan edelleen lisäämään tulevaisuudessa. Nykyään noin puolet rakennusten lämmitysenergiasta tuotetaan kaukolämmöllä tai sähköllä, jotka nekin tuotetaan jo hyvin pitkälle uusiutuvalla energialla. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2014.)

4.3 Kosteudenhallinnan vaikutukset rakentamiseen

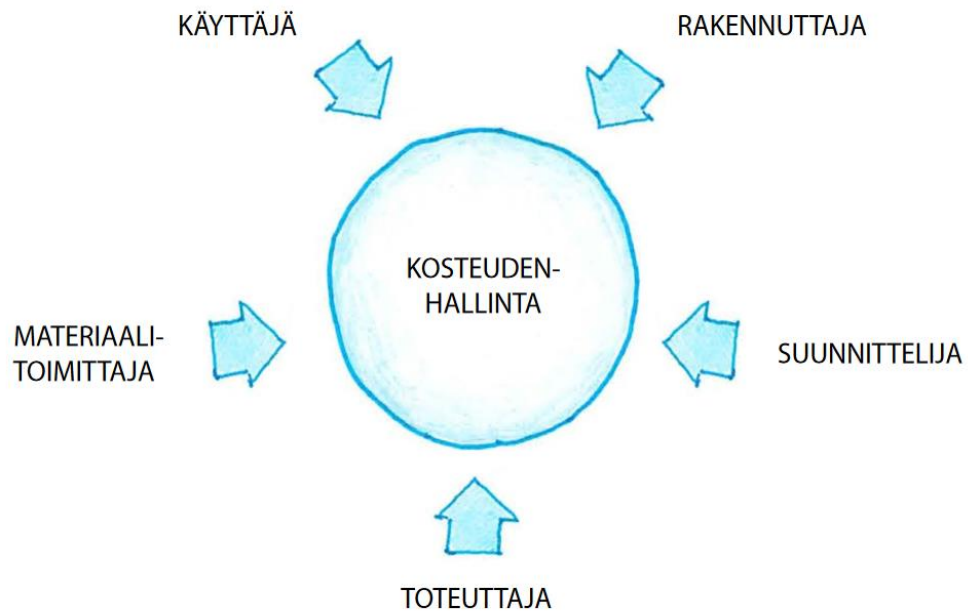
Rakentamisessa ei ikinä päästä eroon kosteudesta, vaan sitä on aina sekä ilmassa että materiaaleissa. Rakennusten kosteuspitoisuuteen vaikuttaa moni asia, materiaali sekä itse ilman olosuhde ulkona ja sisällä. (Siikanen 2014, 65.) Materiaalien kosteuteen vaikuttaa sen huokoisuus, olosuhteet ja miten materiaalia varastoidaan työmaalla, rautakaupassa sekä materiaalin valmistajan toimesta tehtaalla (Ympäristöministeriö 2019). Ympäristöministeriön asetus (782/2017) rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta määrää, että rakennusvaiheessa toimivan vastuuhenkilön on huolehdittava rakennustuotteista ja keskeneräisistä rakennusosista suojaamalla niitä kastumiselta ja epäpuhtauksilta työmaavarastoinnin ja rakentamisen aikana.

Rakennushankkeelle on tehtävä kosteudenhallintasuunnitelma. Ympäristöministeriön (782/2017) asetuksen mukaan rakentajan on toimitettava rakennuksen kosteudenhallintasuunnitelma rakennuslupahakemuksen yhteydessä. Hankkeeseen ryhtyvän on itse hoidettava rakennuksen kosteudenhallintasuunnitelman luominen. Kosteudenhallintaselvityksestä on löydyttävä rakennushankkeen tiedot, kosteudenhallinnan vaatimukset rakennushankkeen työvaiheissa, sekä miten tai millä tavoin kosteudenhallinta otetaan huomioon hankkeessa. Lisäksi varmistetaan kosteudenhallinnan vaatimukset niin, että henkilötarpeet ovat riittävät. Rakennushankkeeseen

ryhtyvän on rakennuksen kosteudenhallintasuunnitelmaan merkittävä henkilö, joka vastaa hankkeen kosteudenhallinnan valvonnasta.

Ympäristöministeriön asetuksen (782/2017) mukaan rakennusvaiheessa on rakenteista otettava mittaustuloksien kosteuspitoisuuksia koko rakennushankkeen ajan. Rakennushankkeessa vastuuhenkilönä työskentelevän on pidettävä huolta siitä, ettei rakenteiden kosteus ja rakennuskosteus ole sallittujen arvojen yläpuolella siinä vaiheessa, kun rakenteita aletaan peittämään kosteutta eristävällä materiaalilla tai rakenteella. Vastuuhenkilön on varmistettava ja huolehdittava, että rakenteista on otettu kosteusmittauksia, ja että kosteuspitoisuudet ovat sallittujen arvojen alapuolella ennen seuraavaa työvaihetta.

Kosteudenhallintasuunnitelmasta on tullut rakennushankkeeseen suunnittelijoille yksi alue lisää lujuuden ja energian rinnalle. Kosteustekninen ja energiatehokas suunnittelu kulkevat rinnakkain varsinkin ulkovaipan suunnittelussa. Rakennushankkeen jokainen suunnittelija katsoo, että kaikki kosteusteknisesti epävarmat rakenteet tulevat ilmi ja varmistaa niiden kosteustekniseen toimivuuteen liittyvät tekijät. (Talorakennusteollisuus 2016.) Kosteudenhallintaan vaikuttaa moni seikka (kuva 10). Ketjun tulisinkin olla katkeamaton. Päämääränä olisi määrittää kosteuslähteitä ja niiden vaikutus rakenteisiin.



Kuva 10. Kosteudenhallintaan vaikuttaa moni seikka (Talorakennusteollisuus 2016).

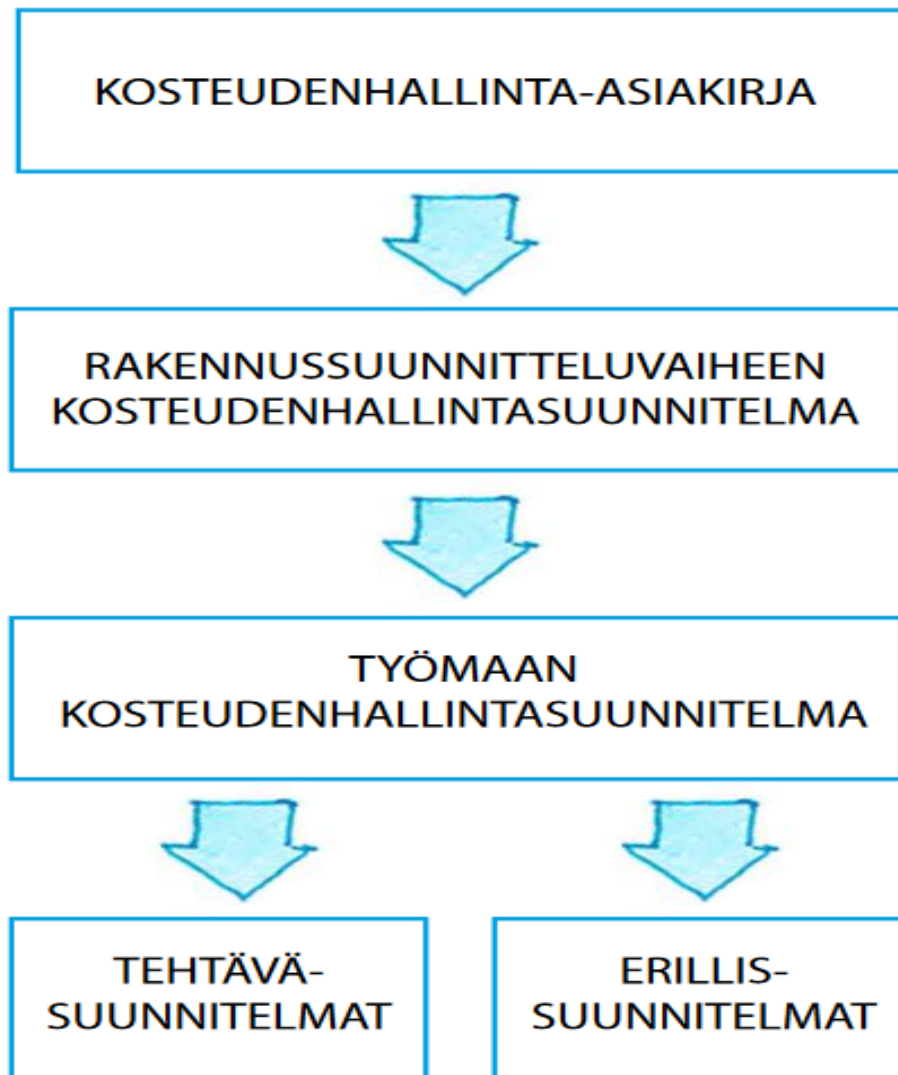
Tavoitteena on myös selvittää, joutuvatko rakenteet kosteuden kanssa tekemiseen, ja tarkastella mahdollisia syntyviä vakavia kosteusvauriota. Tavoitteena on myös saada aikaan sellaisia suunnitteluratkaisuja, joilla saataisiin riskialttiit rakenneratkaisut vaihdettua kosteusteknisiltä osilta riskittömämpään rakenteeseen. (Talorakennusteollisuus 2016.)

Suunniteltaessa rakennusfysikaalisia toimia on varmistettava, ettei kosteudesta aiheutuisi haittoja rakennuksen käytölle. Rakenteiden tulisi olla myös sellaisia, että ne pääsevät kuivumaan, jos rakennusaikaista kosteutta on jäänyt rakenteisiin. Rakennusfysikaalista suunnittelua ohjaa kosteusriskiluokka (1-3) (kuva 11), jonka rakennuttaja on määrittänyt. (Talorakennusteollisuus 2016.)

Hankkeen vaativuus	Kosteusriskiluokka	Esimerkkejä	Menettely kosteudenhallinnan kannalta
Erittäin vaativa	3	Rakennukset, joissa on suuri kosteusvaatimus kuten uimahallit, kostutetut tilat.	Tehostettu menettely Valitaan riskiarvion ja muiden selvitysten perusteella ne toimenpiteet, joiden avulla riskit voidaan torjua. Kohdistetaan toimenpiteet kriittisiin, vaativiin ja/tai poikkeaviin rakenteisiin ja seikkoihin.
Normaalia vaativampi	2	Normaalia vaativammat asuin- liike- ja toimistorakennukset. Koulut ja päiväkodit.	Normaalimenettely ja kriittisiin kohtiin tehostetun menettelyn toimintapoja.
Normaali	1	Tavanomaiset asuin- liike- ja toimistorakennukset.	Normaalimenettely tai mikäli rakennuksessa on ihmisiä vain satunnaisesti tai rakennuksen suunniteltu käyttöikä on normaalia lyhyempi, niin kevennetty normaalimenettely.

Kuva 11. Kosteusriskiluokitus ja menettely kosteudenhallinnan osalta (Talorakennusteollisuus 2016).

Rakennuttajan tekemään kosteudenhallinta-asiakirjaan suunnittelijat tekevät tarpeen vaatiessa täydennyksiä ja näin asiakirjasta saadaan kosteudenhallintasuunnitelma rakennussuunnitteluvaiheeseen (kuva 12). Suunnitteluvaiheessa kosteudenhallintasuunnitelmasta löytyy esimerkiksi kosteusriskikartoitus suunnitelmille ja asennuksille. Kosteudenhallintasuunnitelmassa esitetään myös ehdotuksia riskien poistoista sekä ensimmäinen versio työmaan kosteudenhallinnan suunnitelmasta. Kun rakennussuunnitelma lähtee käyntiin, päästään alustavaa kosteuslähteiden arviointia laajentamaan ja tarkentamaan. Kosteudenhallintasuunnitelma täydentyy, kun rakentamisen valmistelua tehdään, mutta myös rakentamisen edetessä. (Talorakennusteollisuus 2016.)



Kuva 12. Kosteudenhallintasuunnitelma (Talorakennusteollisuus 2016).

Työmaan oma kosteudenhallinta kuuluu osana työmaan työsuunnitteluun ja laadunhallintaan. Lähtötieto työmaan kosteudenhallintasuunnitelmaan löytyy rakennuttajan asettamista vaatimuksista, jotka ovat kosteudenhallinta-asiakirjassa ja kosteudenhallintasuunnitelmassa, joka on tehty siis jo suunnitteluvaiheessa. (Talorakennusteollisuus 2016.)

Rakennuttajan periaatepäätös rakennuksen suojausten tasosta tehdään hyvissä ajoin hankesuunnitteluvaiheen aikana. Tulisiko kyseeseen koko rakennuksen suojaaminen ja hallitaanko kosteuden tuomia riskejä paikallisilla suojaustoimenpiteillä,

jolloin suojataan rakennusmateriaalit, keskeneräiset rakennelmat ja valmiit rakennelmat. (Talnrakennusteollisuus 2016.)

Työmaan kosteudenhallintasuunnitelmaan kirjataan kaikki konkreettiset työt, millä saavutettaisiin työmaan kosteudenhallintaan kirjatut tavoitteet. Pääurakoitsija vastaa kosteudenhallintasuunnitelmasta ja se käsittää koko työmaan. Kun työmaalle tulleita rakennedetalji kuvia tarkastellaan, saadaan riskialttiit rakenteet selville ja niiden toimivuus kosteusteknisesti sekä työmaatoteutuksessa. (Talnrakennusteollisuus 2016.)

Kosteudenhallinta liittää työmaan muita riskejä yhteen mm. laadulliset, aikataululliset, sekä olosuhderiskit. Tehtäväsuunnitelmaan kirjataan edellä mainittujen riskien lisäksi muita teknisiä riskejä. Tehtäväsuunnitelman mukainen eteneminen tukee kosteudenhallinnassa esitettyjä pääkohtia ja niiden tarpeeksi suurta huomioimista laadunvarmistusprosessissa. Työmaata suojatessa tulee miettiä niitä toimenpiteitä, joilla rakenteet ja materiaalit saadaan suojattua kastumiselta ja työmaalle saataisiin juuri oikeanlainen olosuhde, missä rakenteet kuivuvat. (Talnrakennusteollisuus 2016.)

4.4 Rakenteet ja materiaalit

Rakenteet pitävät nykyisin hyvin lämmön rakennuksen sisällä. Nykyaikana talot pitävät lämmön huomattavasti paremmin kuin viime vuosisadalla rakennetut talot. Rakenteista kuitenkin halutaan vieläkin energiatehokkaampia. Ulkovaipan lämmöneristystä lisäämällä ja rakenteita tiivistämällä saadaan rakennuksista passiivi- ja nollaenergiataloja. Näillä toimilla pyritään torjumaan ilmastonmuutosta säästyneinä lämmityskuluina. Suurin osa rakennuksien käyttämästä energiasta käytetään rakennusten lämmitykseen (kuva 13). Joidenkin laskelmien mukaan seinien ja yläpohjien lisälämmöneristäminen toisi noin 20 % energiasäästön. (Ilmasto-opas 2017.)

Rakennuksen ulkovaipan lämmöneristys tulee tehdä sellaisilla materiaaleilla, jotka ovat määräysten mukaisia ja jotka ovat kyseisiin rakenteisiin suunniteltuja. Läm-

möneristeiden tulisi kestää koko rakenteen elinkaaren ajan. Lämpöeristettä valittaessa olisi eristeen lämpötekniisiin, kosteustekniisiin, palotekniisiin ominaisuuksiin, sekä eristeen ilmanpitävyyteen ja ympäristöystävällisyyteen liittyviin asioihin kiinnitettävä erityistä huomiota. (RIL 255- 1-2014, 28.)

Lämpöeristeet olisi syytä olla kuivia ja niiden pitäisi pysyä kuivina koko rakentamisen ajan, koska eristeessä oleva liiallinen kosteus lisää rakenteiden kosteusongelmaa. Ilmatiiviyys rakenteissa tulisi suunnitella ja toteuttaa siten, että rakenteiden kosteustekninen toimivuus varmistetaan. Oikealla tavalla suunniteltu ja toteutettu ilmatiivistys pienentää myös lämpöhäviötä sekä energiankulutusta ulkovaipassa. (RIL 255- 1-2014, 28.)

Tulevaisuudessa ilmastonmuutos vaikuttaa kosteustekniseen toimintaan rakenteissa. Kasvavat sademäärät ja lämpötilan nousu tuovat otolliset olosuhteet homeen kasvulle, kun lämpötila ja ilmankosteus pysyvät pidempiä aikoja korkeina. Varsinkin viistosade, mikä lisääntyy ilmastonmuutoksen vuoksi tuulten lisääntyessä, kastelee entisestään julkisivun pintaa, mikä edesauttaa pintaverhouksen lyhyempää käyttöikä. (Ympäristöministeriö 2019.)

Ostoenergiankulutus	Vantaa		Jyväskylä		Sodankylä	
	TRY2012	2030	TRY2012	2030	TRY2012	2030
Tilojen lämmitys	60	55	70	64	92	84
Tilojen jäähdytys­sähkö	3	3	2	3	2	2
Ilmanvaihdon lämmitys	11	9	14	12	20	18
Puhaltimet	7	7	7	7	7	7
Kotitaloussähkö	25	25	25	25	25	25
Valaistus	7	7	7	7	7	7
Lämmin käyttövesi	36	36	36	36	36	36
Ostoenergia yht.	149	142	161	153	188	178

Kuva 13. Pientalon energia määrä testivuoden (2012) ja testivuoden (2030) säätiedoista laskettu kWh/(m²*a) (Ilmasto-opas 2017).

Rakenteet ja materiaalit ovat yleensä aina hieman kosteita riippuen materiaalista ja sen huokoisuudesta. Kosteuden määrä on myös riippuvainen vallitsevista sääolosuhteista. Kun rakennuksen ja varsinkin sen ulkovaipan kosteusteknistä toimintakykyä seurataan teoreettisilla laskelmilla, ei voi olla sataprosenttisen varma, että rakenteet toimivat juuri niin kuin laskelmat antavat ymmärtää. (Siikanen 2014, 65.)

Rakenteista olisi hyvä saada kosteusteknistä tietoa käytännössä ja erilaisissa olosuhteissa, jotta kaikki mahdolliset kosteusteknistä toimivuutta haittaavat tekijät havaittaisiin rakenteissa. Ilmastonmuutoksen arviot tulevasta talvistä näyttävät siltä, että lämpötila saattaa nolann molemmilla puolilla, jolloin kosteat rakenteet jäätyvät ja sulavat, ja näin ollen myös vaurioittavat rakennuksia. (Siikanen 2014, 65.)

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia, miten ilmastonmuutos vaikuttaa rakentamiseen. Tavoitteena oli tuottaa tietoa, jonka avulla rakentaminen tapahtuu teknisesti ja taloudellisesti ilmastonmuutos huomioon ottaen.

Ilmastonmuutos vaikuttaa ilmeisen selvästi rakentamiseen ja varsinkin rakennusten kosteustekniseen toimintaan. Rakentamisessa tulisikin kiinnittää entistä enemmän huomiota rakennustarvikkeiden kosteuden kestävyYTEEN, sekä koko rakentamisen aikaisen kosteudenhallinnan suunnitteluun ja toteutukseen. Rakennusten kosteustekniseen suunnitteluun tulisikin lisätä tulevaisuudessa entistä enemmän resursseja, jottei suunnittelussa tehdä samankaltaisia virheitä kuin mitä aikaisemmilla vuosikymmenillä on tehty.

Rakennustyömailla olisi hyvä lisätä kosteudenhallinnasta tietoutta entistä enemmän. Rakennuksilla toimivilta rakennusvalvojlta voitaisiin vaatia entistä suurempaa tietoisuutta kosteusasioista. Materiaalien säilytykseen tulisi kiinnittää entistä enemmän huomiota rakennuksilla sekä tavarantoimituksessa. Kuivaketju10 on hieno ajatus pitää rakennus ja materiaalit kuivana, mutta ongelmaksi muodostuu välinpitämättömyys, joka pitäisi pyrkiä poistamaan rakennuksilta.

Ilmastonmuutoksen vaikutukset näkyvät myös siinä, että pyritään tekemään mahdollisimman ekologisia rakennuksia. Rakennuksilta vaaditaan yhä suurempaa energiatehokkuutta, jolloin suunnitellaan yhä tiukempia U-arvon vaatimuksia rakennuksiin. Lämmöneristeen lisääminen vähentää lämpöhukkaa rakenteissa, jolloin väheenee myös lämmitysenergian tarve, mutta samalla rakenteissa kosteusriski kasvaa. Kun tulevaisuudessa rakennuksien tulee olla nollaenergiarakennuksia, tulisi ulko-vaipan ilmapuotoihin kiinnittää entistä enemmän huomiota, koska huomattava osa lämmöstä kulkeutuu vuotojen kautta ulos nostaen energian kulutusta.

Massiivirakenteisille rakennuksille olisi hyvä olla omat U-arvo vaatimukset ainakin ulkoseinissä, koska massiivirakenteiset talot kestävät erittäin hyvin ilmastonmuutoksen aiheuttamat vaikutukset. Seinärakenteessa ei esiinny kosteusongelmia, koska seinä toimii kosteusteknisesti oikein eikä kosteus tiivisty rakenteeseen. Massiivinen

seinärakenne myös varastoi auringonsäteilystä vapautuvan ekologisen lämpöenergian ja luovuttaa sitä sisäilmaan hiljalleen. Rakenne pitää myös rakennuksen sisäilman kesäaikana viileämpänä, jolloin rakennuksen sisäilman jäähdytyksen tarve vähenee.

Opinnäytetyössä noudatettiin tiedeyhteisön tunnustamia toimintatapoja eli rehellisyyttä, yleistä huolellisuutta ja tarkkuutta tutkimustyössä, tulosten tallentamisessa ja esittämisessä sekä tutkimusten ja niiden tulosten arvioinnissa. Opinnäytetyön tekijä ottaa huomioon muiden tutkijoiden työn ja saavutukset asianmukaisella tavalla huomioon niin, että kunnioittaa muiden tutkijoiden tekemää työtä ja viittaa heidän julkaisuihinsa asianmukaisella tavalla ja antaa heidän saavutuksilleen niille kuuluvan arvon ja merkityksen omassa opinnäytetyössään ja sen tuloksia julkaistessaan. (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2012.)

Opinnäytetyön luotettavuutta on pyritty arvioimaan alusta saakka. Validiteetilla tarkoitetaan sitä, että työssä tutkitaan sitä, mitä on aiottu (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006). Opinnäytetyön tekijä kokee saavuttaneensa validiteetin, koska opinnäytetyölle asetettu tavoite saavutettiin. Opinnäytetyön teko on ollut avointa ja sitä ovat lukeneet useaan kertaan alan asiantuntijat lisäten opinnäytetyön luotettavuutta (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006). Opinnäytetyössä on käytetty alan lähteitä kriittisesti, materiaaliksi valikoitui mahdollisimman tuoreita tutkimuksia.

LÄHTEET

- Ilmasto-opas. 2017. [Verkkosivu]. Ennustettu ilmastonmuutos Suomessa. [viitattu 23.11.2019]. Saatavana: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/suomen-muuttuva-ilmasto/-/artikkeli/74b167fc-384b-44ae-84aa-c585ec218b41/ennustettu-ilmastonmuutos-suomessa.html>
- Ilmatieteenlaitos. [Verkkosivu]. Ilmasto. [viitattu 1.12.2019]. Saatavana: <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/>
- Ilmasto.org. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Ilmastonmuutos. [viitattu 1.12.2019]. Saatavana: http://ilmasto.org/ilmastonmuutos/usein-kysytyt-kysymykset#Mitae_ilmastonmuutos_tarκοittaa
- Mäkitalo, M. 2012. [Verkkojulkaisu]. Puurunkoisten ulkoseinien kosteustekninen toimivuus nykyisessä ja tulevaisuuden ilmastossa. [viitattu 23.2.2020]. Saatavana: <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/20999/Makitalo.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Rakentajan ekolaskuri. 2019. [Verkkosivu]. Ekorakentajan opas. [viitattu 22.11.2019]. Saatavana: http://www.rakentajanekolaskuri.fi/taustatie-toa.php#Talon_p%C3%A4%C3%A4periaatteet
- RIL 255-1-2014. Rakennusfysiikka. Rakennusfysikaalinen suunnittelu ja tutkimukset. Tampereen teknillinen yliopisto.
- Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniekka, A. 2006. KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto. [Verkkosivu]. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. [viitattu 27.2.2020]. Saatavana: https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/kvali/L3_3.html
- Siikanen, U. 2014. Rakennusfysiikka perusteet ja sovelluksia. Tampere: Rakennustieto Oy.
- Tampereen teknillinen yliopisto. 2008. [Verkkojulkaisu]. [viitattu 12.2.2020]. Saatavana: <http://www.ym.fi/download/noname/%7B56396F6B-FA49-43E5-BDD3-3B6F53FBAA1A%7D/31295>
- Talonrakennusteollisuus 2016. [Verkkosivu]. [viitattu 1.2.2020]. Saatavana: https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/laatu/2016/kuivana_rakentaminen_opas_2016.pdf
- Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2012. [Verkkojulkaisu]. Helsinki. [viitattu 24.10.2019]. Saatavana: https://www.tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK_ohje_2012.pdf

Työ- ja elinkeinoministeriö. 2014. [Verkkosivu]. [viitattu 4.2.2020]. Saatavana: <https://tem.fi/documents/1410877/2859687/Energia-+ja+ilmastotie-kartta+2050+21102014.pdf><https://www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmastonmuutoskysymyksiä>

Wienenberger. 2019. [Verkkojulkaisu]. [viitattu 1.3.2020]. Saatavana: <https://www.wienerberger.fi/>

WWF 2019. [Verkkosivu]. Ilmastonmuutos. [viitattu 2.10.2019]. Saatavana: <https://wwf.fi/uhat/ilmastonmuutos/>

Ympäristöministeriö. 2019. [Verkkojulkaisu]. Lausunto rakenteiden energiatehokkuuden parantamisen vaikutuksista rakenteiden kosteustekniseen toimivuuteen. [viitattu 3.2.2020]. Saatavana: <http://www.ym.fi/download/noname/%7B648A4BF3-D2F6-4FEB-9DD4-8B90C1A49D2D%7D/31293>

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta. 2017. [Verkkosivu]. 24.11.2017/782. [viitattu 20.2.2020]. Saatavana: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170782#Pidp445806256>

Euroopan Unioni. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Ilmastonmuutoksen seuraukset. [viitattu 2.3.2020]. Saatavana: https://ec.europa.eu/clima/change/consequences_fi

