



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

FRAME-PROJEKTI

8.11.2012

Tutk.joht. Juha Vinha

TTY, Rakennustekniikan laitos

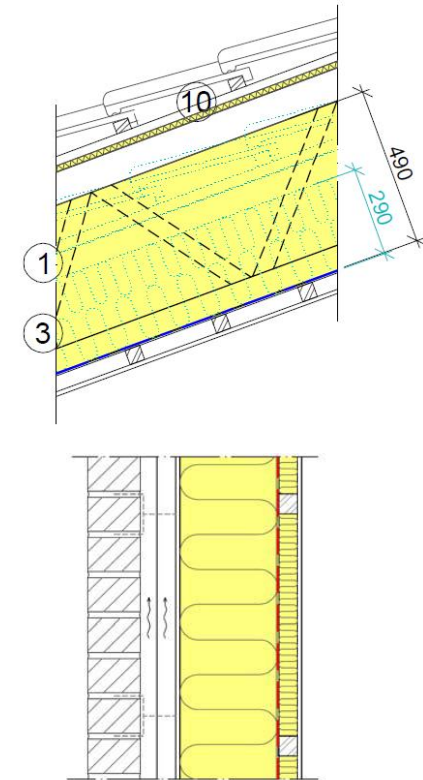


LÄMMÖNERISTYKSEN LISÄYKSEN VAIKUTUKSET

- Lämmöneristykseen lisääminen heikentää monien vaipparakenteiden kosteusteknistä toimintaa:
 - Ulko-osat viilenevät, jolloin kosteuden kondensoituminen ja homeen kasvulle suotuisat olosuhteet lisääntyvät rakenteissa.
 - Rakenteiden vikasietoisuus heikkenee samasta syystä.
 - Lämmöneristekerroksen vesihöyrynvastuksen kasvaessa eristeen sisäpuolisten kivrakenteiden kuivuminen hidastuu.
- Kriittisen eristepaksuuden löytäminen on yleensä vaikeaa. Lämmöneristykseen kasvaessa tilanne muuttuu vain pikku hiljaa huonommaksi.
- Rakenteiden kosteusteknistä toimintaa voidaan parantaa merkittävästi rakenteita muuttamalla ja liitoksien ja detaljien erilaisella toteutuksella.
- Korjausrakentamisen puolella rakenteiden lisäeristäminen voi edellyttää rakenteellisten muutosten lisäksi myös teknisten laitteiden käyttöä (lämmitin, kuivain, ohjattu koneellinen ilmanvaihto).
- Eristepaksuuksien lisääminen aiheuttaa myös rakennuksen jäähdytystarpeen lisääntymisen, jolloin eristämisen hyöty energiankulutuksen kannalta vähenee merkittävästi.

RAKENNERATKAISUJEN JA TOTEUTUSTAPOJEN MUUTTUMINEN

- Lämmöneristepaksuuksien lisääminen muuttaa vaipparakenteita monessa tapauksessa niin paljon, että rakenteiden toteutustavat ja tuotantotekniikat muuttuvat.
 - kokemusperäinen tieto uusista rakenteista puuttuu
 - suunnittelu- ja asennusvirheet kasvavat
- Rakenteiden rakennusfysikaalisen toiminnan kokonaisvaltainen suunnittelu ja toteutus ovat haastavia tehtäviä, jotka vaativat kokemusta ja laajaa asiantuntemusta.
 - koulutusta tarvitaan paljon lisää
- Suuret muutokset yhdistettynä tiukkaan aikatauluun
 - puutteellinen suunnittelu
 - liian lyhyet kuivumisajat
 - virheiden merkitys korostuu vikasietoisuuden heikentyessä

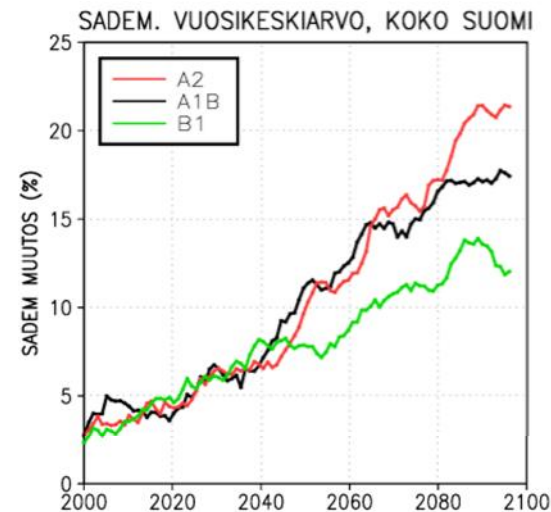
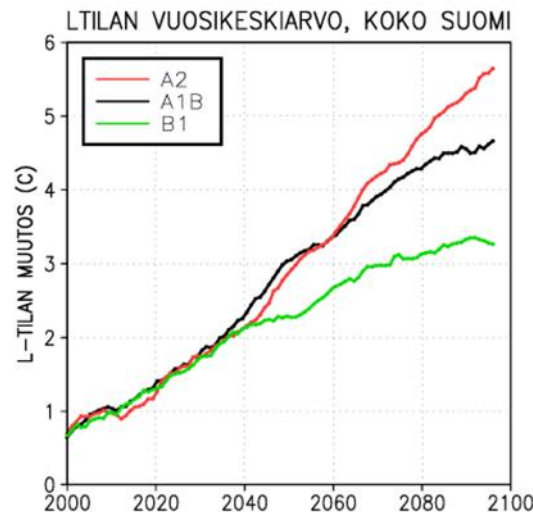


Kaikessa rakentamisessa rakennusaikaisen kosteudenhallinnan merkitys korostuu!

ILMASTONMUUTOKSEN VAIKUTUKSET

Lämpötilan ja sademäärän muutos Suomessa tulevina vuosikymmeninä

Lämpötila



Kuvat: Ilmatieteen laitos

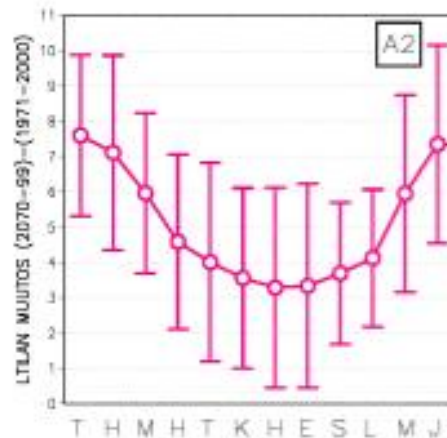
Sademäärä

- Viistosaderasitus julkisivupinnoille kasvaa.
- Homeen kasvulle otolliset olosuhteet lisääntyvät rakenteiden ulko-osissa.
- Kosteuden siirtyminen ulkoa sisälle päin lisääntyy varsinkin julkisivuissa, joihin imeytyy sadevettä.
- Kesäaikana homehtumis- ja kondenssiriski lisääntyy näissä rakenteissa myös rakenteiden sisäpinnan lähellä.

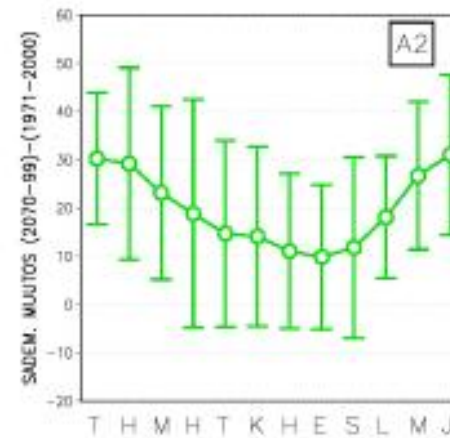
ILMASTONMUUTOKSEN VAIKUTUKSET

Lämpötilan ja sademäärän muutos Suomessa eri kuukausina vuosina 2070 - 2099 verrattuna vuosiin 1971 - 2000

Lämpötila



Sademäärä



Kuvat: Ilmatieteen laitos

- Homeen kasvulle otolliset olosuhteet lisääntyvät varsinkin syksyllä ja talvella.
- Rakenteiden kuivuminen hidastuu syksyllä ja talvella.
- Myös pilvisuus lisääntyy syksyllä ja talvella, jolloin kuivuminen hidastuu entisestään.
- Sulamis-jäätymissyklit lisääntyvät talvella, jolloin riski kivirakenteiden pakkasrapautumiselle lisääntyy.

FRAME-PROJEKTI

- FRAME on laaja-alainen kansallinen tutkimus, jonka taustana on TTY:n ympäristöministeriölle v. 2008 tekemä selvitys lämmöneristyksen lisäyksen ja ilmastonmuutoksen vaikutuksista rakenteiden kosteustekniseen toimintaan.
- Tutkimus keskittyi pääasiassa uudisrakentamiseen käsittäen eri tyyppiset rakennukset pientaloista julkisiin rakennuksiin. Tutkimuksen tuloksia voidaan hyödyntää kuitenkin myös korjausrakentamisen puolella.
- Keskeinen osa tutkimusta olivat eri ohjelmilla tehdyt laskennalliset tarkastelut. Tätä varten laskentaohjelmien luotettavuutta arvioitiin vertaamalla niitä myös erilaisiin laboratorio- ja kenttäkoetuloksiin.
- Laskennallisia tarkasteluja varten määritettiin lisäksi kriittiset sisä- ja ulkoilman olosuhteet sekä nykyisessä että tulevaisuuden ilmastossa vuosina 2050 ja 2100.
- Valitut ulkoilman testivuodet ovat projektin jälkeen julkisesti saatavilla, jotta niitä voidaan tarvittaessa käyttää eri rakenteiden rakennusfysikaalisessa suunnittelussa.
- Tutkimusaika oli n. 3 vuotta: 1.9.2009 – 30.9.2012.

FRAME-PROJEKTIN TAVOITTEITA

- Selvittää **ilmastonmuutoksen ja lämmöneristyksen lisäyksen** vaikutuksia **vaipparakenteiden rakennusfysikaaliseen toimintaan** Suomen ilmastossa.
- Määrittää rakenteiden toiminnan kannalta **kriittisiä lämmöneristyspaksuuksia**, jos niitä on löydettävissä.
- Selvittää, millä rakenteellisilla tai muilla teknisillä ratkaisuilla vaipparakenteiden **toimintaa voidaan parhaiten parantaa**.
- Selvittää ilmastonmuutoksen, lämmöneristyksen lisäyksen ja LVI-järjestelmien toiminnan vaikutuksia rakennuksen **lämmitys- ja jäähdytystarpeeseen, sisäilman olosuhteisiin sekä LVI-järjestelmien käyttöön**.
- Laatia **ohjeet rakennusprosessin toteutusta varten** siten, että rakentamisessa saataisiin aikaan laatuhyppy rakennusaikaisessa kosteudenhallinnassa.
- Laatia matalaenergia- ja passiivitalojen rakenteille **suunnittelu- ja toteutusohjeita** lämpö- ja kosteusteknisesti toimivista rakenne- ja liitosratkaisuista.

FRAME-PROJEKTIN OSATEHTÄVÄT

1. Projektin organisointi
2. Kirjallisuus selvitys
3. Toimintakriteerien ja raja-arvojen valinta laskentatarkasteluja varten
4. Ulkoilman testivuosi määrittäminen laskentatarkasteluja varten
5. Sisäilman mitoitusolosuhteiden valinta laskentatarkasteluja varten
6. Laskentaohjelmien toiminnan verifiointi
7. **Vaipparakenteiden tarkastelut**
8. RakMK C4:n päivitystyö
9. Suunnittelu- ja toteutusohjeet matalaenergia-/ passiivirakenteille ja liitoksille
10. Rakennusprosessin aikainen kosteuden ja muiden fysikaalisten ilmiöiden hallinta (**TTY Rakennustuotanto ja -talous, Mittaviiva Oy**)
11. Sisäilman olosuhteiden ja LVI-järjestelmien tarkastelu (**Aalto-yliopisto**)
12. Yhteistyö ulkomaisten yliopistojen kanssa (**Chalmers, Lund, Dresden**)
13. Kansainvälinen yhteistyö IEA Annex 55 -tutkimusprojektissa
14. Tutkimustulosten julkaiseminen ja raportointi

RIL 107 päivitystyö ”Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet”

RIL 225 päivitystyö ”Rakennusosien lämmönläpäisykertoimien laskenta”

VAIPPARAKENTEIDEN TARKASTELOT

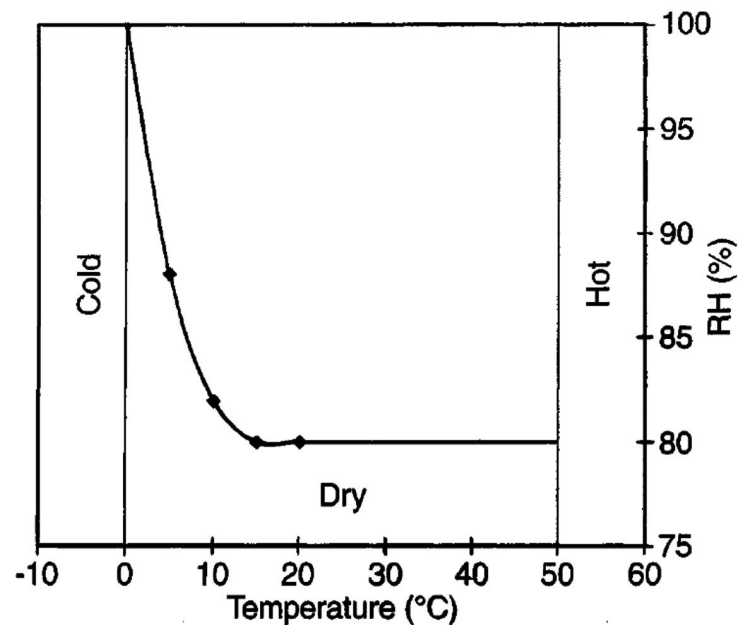
Rakennusosa	Tutkimusmetodi		
	Laskenta	Laboratorio	Kenttä
1. Betonirakenteiset ulkoseinät	X		
2. Rankarakenteiset ulkoseinät	X		
3. Massiivirakenteet	X		
4. Rakenteiden sisäinen konvektio	X	X	
5. Tuuletetut yläpohjat	X		X
6. Ryömintätilaiset alapohjat	X		X
7. Ikkunat	X		

HOMEEN KASVUN LASKENTAMALLIN HOMEINDEKSILUOKITUS (VTT-TTY homeriskimalli)

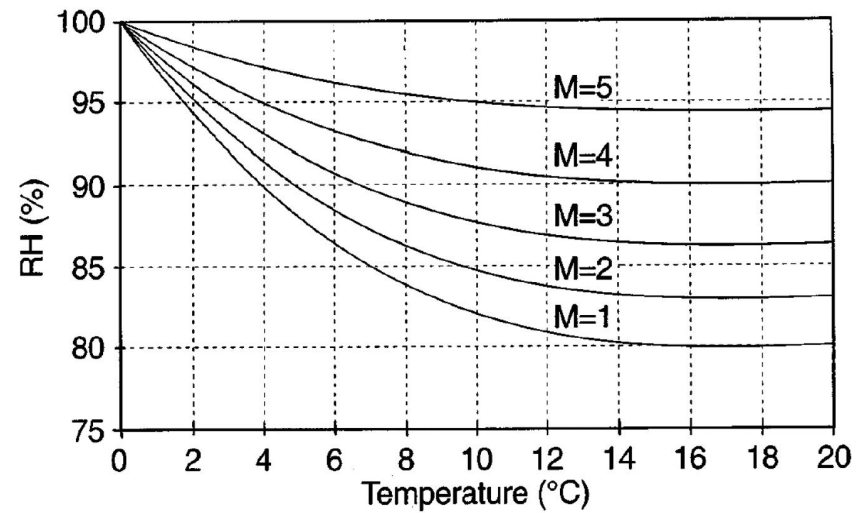
Home- indeksi M	Havaittu homekasvu	Huomautuksia
0	Ei kasvua	Pinta puhdas
1	Mikroskoopilla havaittava kasvu	Paikoin alkavaa kasvua, muutama rihma
2	Selvä mikroskoopilla havaittava kasvu	Homerihmasto peittää 10 % tutkittavasta alasta (mikroskoopilla), Useita rihmastopesäkkeitä muodostunut
3	Silmin havaittava kasvu Selvä mikroskoopilla havaittava kasvu	Alle 10 % peitto alasta (silmillä) Alle 50 % peitto alasta (mikroskoopilla) Uusia itiöitä alkaa muodostua
4	Selvä silmin havaittava kasvu Runsas mikroskoopilla havaittava kasvu	Yli 10 % peitto alasta (silmillä) Yli 50 % peitto alasta (mikroskoopilla)
5	Runsas silmin havaittava kasvu	Yli 50 % peitto alasta (silmillä)
6	Erittäin runsas kasvu	Lähes 100 % peitto, tiivis kasvusto

HOMEEN KASVULLE SUOTUISAT LÄMPÖTILA- JA RH-OLosuhteet

Homeen kasvun kannalta
suotuisa lämpötila ja RH-alue:



Homeindeksi M eri lämpötila- ja
RH-olosuhteissa:

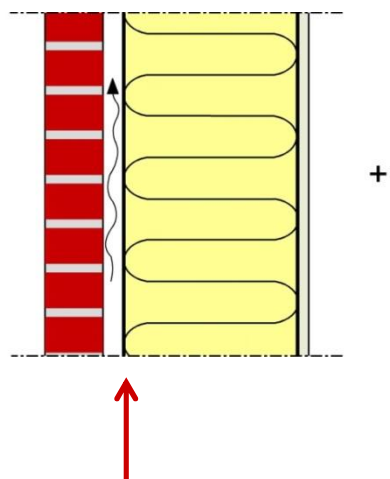


RAKENNUSMATERIAALIEN JAKAUTUMINEN ERI HOMEHTUMISHERKKYYSLUOKKIIN (VTT-TTY homeriskimalli)

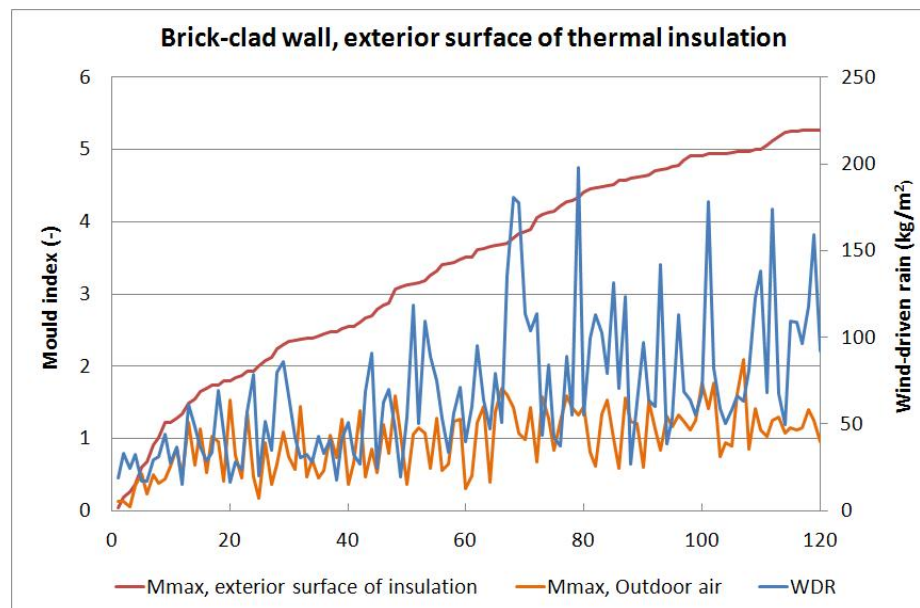
Homehtumis-herkkyysluokka	Rakennusmateriaalit
Hyvin herkkä HHL 1	karkeasahattu ja mitallistettu puutavara (mänty ja kuusi), höylätty mänty
Herkkä HHL 2	höylätty kuusi, paperipohjaiset tuotteet ja kalvot, puupohjaiset levyt, kipsilevy
Kohtalaisen kestävä HHL 3	mineraalivillat, muovipohjaiset materiaalit, kevytbetoni ¹ , kevytsorabetoni, karbonatisoitunut vanha betoni, sementtipohjaiset tuotteet, tiilet
Kestävä HHL 4	lasi ja metallit, alkalinen uusi betoni, tehokkaita homesuoja-aineita sisältävät materiaalit

- 1) Kevytbetonissa homeen kasvunopeus vastaa homehtumisherkkyyssluokkaa 2, mutta maksimihomeindeksi jää homehtumisherkkyyssluokan 3 tasolle.
- Joidenkin yllä olevassa taulukossa esitettyjen materiaalien, kuten esim. erilaisten muovipohjaisten materiaalien ja tiilien kuulumista esitettyyn homehtumisherkkyyssluokkaan ei ole varmistettu kokeiden avulla.

ESIMERKKI RAKENTEEN HOMEHTUMISRISKISTÄ VERRATTUNA ULKOILMAN OLOSUHTEISIIN (Tiiliverhottu rankaseinä, korkea rakennus, etelä, HHL 2)



Tarkastelukohta



- Pelkästään ulkoilman olosuhteita tarkastelemalla ei voida määrittää testivuotta, joka synnyttäisi varmuudella kriittiset olosuhteet tarkasteltavassa rakenteessa.
 - Rakenne ja siinä käytetyt materiaalit vaikuttavat merkittävästi tarkastelukohtien olosuhteisiin (materiaalien ominaisuudet, kuten esim. kosteudensitomiskyky, vesihöyrynläpäisevyys ja kapillaarisuus).
 - Kaikki ulkoilman olosuhdetekijät ja niiden keskinäinen vaihtelu vaikuttavat rakenteessa vallitseviin olosuhteisiin.



ANALYSOINTIMENETELMÄN UUTUUSARVOT

- Ulkoilman olosuhteina käytetään rakenteiden kosteusteknisen toiminnan kannalta kriittisiä testivuosia (**Vantaa 2007** ja **Jokioinen 2004**), joiden valinnassa on otettu huomioon kaikki keskeiset ulkoilman olosuhdetekijät. Nykyilmaston testivuodet ovat todellisia toteutuneita vuosia.
- Testivuodet on valittu nykyilmaston lisäksi myös vuosien 2050 ja 2100 ilmastoista (**Vantaa 2067**, **Vantaa 2097**, **Jokioinen 2064** ja **Jokioinen 2094**). Tulevaisuuden testivuodet on määritetty A2 päästöskenaariota perusteella.
- Menetelmä soveltuu erityyppisten vaipparakenteiden tarkasteluun. Ulkoilman testivuosi valitaan tarkasteltavan rakenteen mukaisesti.
- Rakenteiden homehtumisriskin arvioinnissa käytetään VTT-TTY homeriskimallia, joka on kehittynein homeen kasvua kuvaava laskentamalli maailmassa. Mallin avulla voidaan arvioida konkreettinen homeen kasvun määrä halutussa tarkastelukohdassa.
- Sisäilman lämpötila- ja kosteusolosuhteiden mitoitusarvot perustuvat suomalaisissa asuinrakennuksissa mitattuihin arvoihin.
- Rakennusmateriaalien rakennusfysikaalisina ominaisuuksina käytetään valtaosin Suomessa käytettävien materiaalien arvoja.



FRAME -PROJEKTIIN LIITTYVÄT JULKAISUT (TTY rakennetekniikka)

Tutkimusraportit:

- *Vinha et al.* Ilmastonmuutoksen ja lämmöneristykseen lisäyksen vaikutukset vaipparakenteiden kosteusteknisessä toiminnassa ja rakennusten energiankulutuksessa (julkaistaan joulukuussa 2012)
- *Lahdensivu et al.* Matalaenergia- ja passiivitalojen rakenteiden ja liitosten suunnitteluohjeita. 2012

www.tut.fi/fi/yksikot/laitokset/rakennustekniikka/tutkimus/rakennetekniikka/rakennusfysiikka/frame/

Diplomityöt:

- *Mäkitalo, M.* Puurunkoisten ulkoseinien kosteustekninen toimivuus nykyisessä ja tulevaisuuden ilmastossa. 2012
- *Nurmi, S.* Massiivirakenteen sisäpuolisen lisälämmöneristämisen vaikutus rakenteen kosteustekniseen toimintaan. 2012
- *Pakkanen, T.* Sisäisen konvektion vaikutus yläpohjan lämmöneristävyteen (julkaistaan joulukuussa 2012)
- *Laukkarinen, A.* Tuuletetun yläpohjan lämpö- ja kosteustekninen toiminta nykyisessä ja tulevaisuuden ilmastossa (julkaistaan helmi-maaliskuussa 2013)

Muiden projektien julkaisut:

- *Aho & Korpi (toim.)* Ilmanpitävien rakenteiden ja liitosten toteutus asuinrakennuksissa. 2009.
- *Vinha et al.* Rakennusmateriaalien ja rakenteiden homehtumisriskin laskennallinen arviointi (julkaistaan tammikuussa 2013)



FRAME -PROJEKTIIN LIITTYVÄT JULKAISUT (TTY rakennustuotanto ja -talous)

Diplomityöt:

- *Toivari, O.-P.* Kosteudenhallinnan ja sääsuojauksen taloudellinen tarkastelu. 2011.
- *Hämäläinen, J.* Rakennustyömaan energiatutkimus. 2012.

Kandidaatintyöt ja erikoistytöt:

- *Lassila A.-P.* Rakentamisen aikainen rakenteiden tehokas kuivattaminen. 2011.
- *Hämäläinen, J.* Energiankäyttö Ruotsin rakennustyömailla. 2011.
- *Pippuri, T.* Vaipan läpi johtuva energia rakennusaikana. 2012.

Muut julkaisut:

- Kosteuden hallinnan opetusdiasarja
- Työmaan ilmanvaihdon ja lämmityksen suunnittelu
- Tiivis holvi ja sandwich-elementin suojaus
+ muuta materiaalia

Julkaisut löytyvät TTY/ RTT:n kotisivuilta: www.tut.fi/site/



FRAME -PROJEKTIIN LIITTYVÄT JULKAISUT

Ulkoilman testivuodet:

- Nykyilmasto, 2050-ilmast, 2100-ilmast, yhteensä **6 testivuotta**
- Julkaistu Ilmatieteen laitoksen nettisivuilla (myöhemmin myös TTY:n sivuilla):
www.ilmatieteenlaitos.fi/rakennusfysiikan-ilmastolliset-testivuodet/

Ilmatieteen laitoksen julkaisut:

- *Jylhä, K. et al.* Arvioita Suomen muuttuvasta ilmastosta sopeutumistutkimuksia varten, ACCLIM-hankkeen raportti. Raportti 2009:4. 2009.
- *Jylhä, K. et al.* Rakennusten energialaskennan testivuosi 2012 ja arviot ilmastomuutoksen vaikutuksista. Raportti 2011:6. 2011.
- *Jylhä, K. et al.* Rakennusten rakennusfysikaalisten testivuosien määrittämiseen liittyvät ilmastodatan tarkastelut. (julkaistaan 2013)

FRAME-projektin seminaariaineistot ja julkaisut:

- Julkaistaan Rakennusteollisuus RT:n nettisivuilla:
www.rakennusteollisuus.fi/frame/

RIL:n julkaisut:

- RIL 107-2012. Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet. 2012.
- RIL 225-2013. Rakennusosien lämmönläpäisykertoimien laskenta. (julkaistaan v. 2013)
- RIL 255-2013. Rakennusfysiikan käsikirja. (pyritään julkaisemaan v. 2013)