TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Rakennustekniikka. Rakennusfysiikka. Seminaarijulkaisu 5
Civil Engineering. Building Physics. Proceedings 5

RAKENNUSFYSIIKKA 2017

Uusimmat tutkimustulokset ja hyvät käytännön ratkaisut

24.–26.10.2017, Tampere

Osa 1

Tampere 2017

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Rakennusfysiikka

RAKENNUSFYSIIKKA 2017

Uusimmat tutkimustulokset ja hyvät käytännön ratkaisut
24.–26.10.2017, Tampere

Osa 1

Toimittajat Juha Vinha & Henna Kivioja

Tampereen teknillinen yliopisto
Rakennustekniikka
Rakennusfysiikka
Tampere 2017

Painopaikka:
Juvenes Print
Suomen Yliopistopaino Oy
Tampere 2017

ISBN 978-952-15-4022-6

Esipuhe

TTYn rakennusfysiikan tutkimusryhmän ja RILn järjestämä rakennusfysiikkaseminaari pidetään nyt viidennen kerran. Tampere-talon tilat ovat uudistuneet viimekertaisen seminaarin jälkeen. Tapahtuman rinnakkaissali on vaihtunut uuteen Duetto-saliin, jossa on enemmän tilaa katsojille ja paremmat puitteet esitysten pitoon. Seminaarijulkaisu on puolestaan saatavilla nyt ensimmäistä kertaa sekä sähköisenä että painettuna kirjana.

Seminaaripäivät on jaettu jälleen eri aihepiirejä koskeviin teemoihin. Ensimmäisen päivän aiheet liittyvät rakennusfysiikan tutkimukseen, suunnitteluun ja ohjeisiin. Toisena päivänä rakennuksen kosteus- ja homeongelmat ja niiden ennaltaehkäiseminen sekä sisäilman laatu ovat esitelmien keskiössä. Kolmannen päivän aihepiireinä ovat pääosin energiatehokkuus ja akustiikka. Kaiken kaikkiaan seminaarissa kuullaan yli 90 puheenvuoroa.

Ympäristöministeriö uudistaa parhaillaan rakentamismääräyskokoelman osia, ja uudet asetukset niin rakennusten energiatehokkuuden kuin kosteusteknisenkin toiminnan osalta astuvat voimaan vuoden 2018 alusta. Uusista kosteusasetuksista on seminaarissa myös esitys. Muitakin rakennusfysiikkaan liittyviä uusia tai valmisteltavana olevia ohjeita esitellään seminaarissa. Näistä voidaan mainita mm. kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjausoppaan päivitystyö, joka on parhaillaan käynnissä.

Yhtenä merkittävänä osana seminaarissa on tällä kertaa TTY:n vetämän COMBI-hankkeen tulokset. COMBI-hankkeessa keskitytään palvelurakennusten energiatehokkuuden parantamiseen liittyvien vaikutusten ja ongelmien selvittämiseen ja ratkaisemiseen. Hankkeessa tarkastellaan palvelurakennusten toimintaa kokonaisvaltaisesti arkkitehtuurin, rakenteiden ja taloteknisten järjestelmien näkökulmista. Tästä hankkeesta seminaarissa on mukana toistakymmentä esitystä. Näistä voidaan nostaa esiin mm. tutkimukset palvelurakennuksissa mitattujen energiankulutusten eroista laskennallisiin arvoihin verrattuna sekä tavoite-energiankulutuksen pienentämisen vaikutukset elinkaarikustannuksiin, joista on saatu mielenkiintoisia tuloksia.

Kosteus- ja homevauriot ovat perinteiseen tapaan vahvasti edustettuina esityksissä. Rakennusaikaiseen kosteudenhallintaan liittyviä käytännön kokemuksia sekä uusia hyviä toimintatapoja esitellään entistä enemmän. Esityksissä on mukana myös useita case-kohteissa tehtyjä tarkasteluja. Puukerrostalorakentaminen on alkanut yleistyä myös Suomessa ja puukerrostalorakentamisen kosteusteknistä toimivuutta koskevia esityksiä onkin kuultavissa seminaarissa.

Rakennusten olosuhteiden seurantaan ja hallintaan on alettu kiinnittämään yhä enemmän huomiota, mikä näkyy myös aiheeseen liittyvien esitelmien kasvaneena määränä. Rakennusvirheiden ja kosteusvaurioiden ennaltaehkäisemiseksi kehitetään uusia menetelmiä ja toimintatapoja. Myös rakennusten energiatehokkuuden parantaminen tavoitellulle tasolle edellyttää rakennuksen toimivuuden seurantaa ja hallintaa.

Seminaarissa kuullaan tällä kertaa kolme kansainvälistä ja yksi suomalainen keynote-puheenvuoro. Seminaari alkaa tiistaina kahden kansainvälisen rakennusfysiikan professorin puheenvuoroilla. Toisen tiistain puheenvuoroista pitää Norjan ainoan teknillisen yliopiston NTNU:n rakennusfysiikan professori Stig Geving. Hän on erikoistunut tutkimuksessaan lämmön ja kosteuden siirtymiseen rakenteissa, kosteusteknisiin simulaatioihin, kosteusvaurioihin sekä rakennusaikaiseen kosteudenhallintaan. Viime vuosina hän on keskittynyt myös rakennusten

energiatehokkuuteen. Samana aamuna ääneen pääsee TU Wienin yliopiston rakennusfysiikan professori Thomas Bednar Itävallasta. Hänen tutkimusalueitaan ovat mm. rakennusten energiankulutus, kosteustekninen toiminta ja akustiikka. Hän toimii parhaillaan mm. CIB:n rakennusfysiikkaa käsittelevän W040 ryhmän puheenjohtajana ja on aloittanut siellä uuden kehitystyön, jonka tavoitteena on tiekartta kosteusturvallisten rakennusten toteuttamiseksi. Tästäkin kuulemme lisää seminaarissa.

Keskiviikkona sosiaali- ja terveysministeriön neuvotteleva virkamies Vesa Pekkola kertoo valtionhallinnon suunnitelmista, miten 100-vuotias Suomi pyrkii selättämään rakennusten sisäilmaongelmat. Siinä on haastetta kerrakseen. Valtioneuvosto on käynnistänyt mm. Terveiden tilojen vuosikymmen –nimisen toimenpideohjelman, josta kuulemme seminaarissa. Torstain keynote-puheenvuoron pitää Arkkitehti P. Michael Pelken University of Cambridgesta Englannista. Hän kehittää rakennuksiin uusia innovaatioita ja yhdistää työssään myös arkkitehtuuria ja rakennusfysiikkaa toisiinsa. Hän pyrkii myös luomaan rakennuksia, jotka ovat kestävän rakentamisen periaatteilla toteutettuja.

Kosteusturvallisen rakentamisen palkinto jaetaan kolmatta kertaa. Tällä kertaa palkintoa tavoitteli lähes 40 kilpailuehdotusta, joista kuusi tuomariston mielestä ansioituneinta ehdotusta esitellään loppukilpailussa. Loppukilpailussa on esillä ehdotuksia usealta eri kosteusturvallisen rakentamisen osa-alueelta käsittäen suunnittelua, toteutusta, koulutusta, laadunhallintaa ja teknisiä ratkaisuja. Voittaja julistetaan taas perinteisesti keskiviikkoiltapäivänä ennen cocktailtilaisuutta.

Seminaarissa rikotaan jälleen useita ennätystä edellisiin seminaareihin verrattuna. Yhteistyökumppaneita on mukana peräti 74 kpl ja heistä näytteilleasettajia 45 kpl. Tämän kertaiseen seminaariin ennakoidaan tulevan myös jälleen yli 500 osallistujaa. Rakennusfysiikka siis kiinnostaa yhä enemmän rakennusalan ammattilaisia ja hyvä niin. On hienoa olla järjestämässä tapahtumaa, jolle on selvästi tarvetta ja kysyntää!

Kiitän kaikkia artikkelien tekijöitä ja esittäjiä, seminaaripäivien puheenjohtajia, tapahtuman organisointiin osallistuneita ihmisiä sekä yhteistyökumppaneita merkittävästä panoksesta seminaarin toteuttamisessa.

Tampereella 9.10.2017

Professori Juha Vinha
TTY, Rakennustekniikka
Seminaarin puheenjohtaja
RIL:n rakennusfysiikan toimikunnan puheenjohtaja

Rakennusfysiikka 2017 -seminaarin yhteistyökumppanit

Seuraavat organisaatiot ovat toimineet Rakennusfysiikka 2017 -seminaarin yhteistyökumppaneina:

ABL-laatat
Aeroc Jämerä Oy
A-Insinöörit Oy
Akukon Oy
Amodus Oy
Arcada ammattikorkeakoulu
Betoniyhdistys ry
Christian Berner Oy
COMSOL Oy
Delete Finland Oy
Dimen Oy
FCG Finnish Consulting Group Oy
Finnfoam Oy
FISE
Granlund Consulting Oy
Helsingin yliopisto, koulutus- ja kehittämispalvelut
Icopal Oy
IdeaStructura Oy
Infradex Oy
Insinööritoimisto Lauri Mehto Oy
Inwido Finland Oy
ISO-Chemie GmbH
Jaatimet Oy
Kasil Finland Oy
Katepal Oy
Kiiruna Talot Oy
Knauf Oy
Labroc Oy
Lamox Oy / Termotuote
Leanel Oy
Lumon Oy
Läsä Lämmönsäästäjät Oy
Metropolia ammattikorkeakoulu
Mikrobioni Oy
Muottikolmio Oy
OY Abresto Ab
Parmaco Oy
Paroc Oy Ab
Passiivikivitalot / Tulilattia Oy
Pesulapalvelu Hans Langh Oy
Pietiko Oy
Pyhärannan Rakennustuote Oy / PRT-pro
Rakennuslehti Oy
Rakennusteollisuuden koulutuskeskus RATEKO
Rakennusinsinöörit ja -arkkitehdit RIA ry
Rakennustieto Oy
RAKLI ry
Ramboll Finland Oy
Rettig Lämpö Oy
SAFA
Saint-Gobain Finland Oy / Weber
Saint-Gobain Finland Oy / Gyproc
Sisäilmatutkimuspalvelut Elisa Aattela Oy
Sisäilmayhdistys ry
SKOL ry
Stora Enso Oy
Suomen Sisäilmakeskus Oy
Suomen Terveysilma Oy
Suomen Yliopistokiinteistöt Oy
Suunnittelutoimisto Dimensio Oy
Sweco Finland Oy
Tampereen kaupunki / Tampereen Tilakeskus Liikelaitos
Teknocalor Oy
Termater Oy
Thermisol Oy
Tremco illbruck Oy
Turun ammattikorkeakoulu
Turun yliopisto
Uponor Suomi Oy
Vahanen Oy
Vaisala Oyj
Vallox Oy
Wiiste Oy
Wise Group Finland Oy

SISÄLLYSLUETTELO
OSA 1

Esipuhe iii

Rakennusfysiikka 2017 -seminaarin yhteistyökumppanit v

Keynotes 1

Buildings of Tomorrow – Moisture Safe, Nearly-Zero-Energy and BIM Based Solutions 3
Part 1: Experiences and Future Developments in Austria
Part 2: CIB W040 Development of Research Road Map – Resilience and Risk Management to Mitigate Moisture Problems in Buildings
Thomas Bednar, TU Wien, Austria

Innovation Strategies for the Built Environment in Research, Practice, and Teaching 19
Paul Michael Pelken and Vasilena Vassilev, P+ Studio, London, UK

A1. Rakenteiden lämpö- ja kosteustekninen toiminta 37

Riskianalyysi rakennusfysikaalisen toiminnan varmistamisen työkaluna 39
Anssi Knuutila

A-Insinöörit kosteusturva: ennakoiva kosteuden- ja puhtaudenhallintapalvelu hankesuunnittelusta käyttövaiheeseen 45
Mikko Tarri, Arto Kuosku, Joonas Sihvo, Irmeli Nutikka ja Topi Mäkinen

Muovimatolla päällystetyt betonilattiat – haasteita uudisrakentamisessa 51
Kiia Miettunen ja Leif Wirtanen

Korkean rakentamisen haasteet asuinrakennusten kevyissä julkisivuissa 57
Andreas Limnell

A2. Rakenteiden lämpö- ja kosteustekninen toiminta 63

Kevytsoralla korjatun välipohjan ja täydentävällä lämmöneristeellä tehdyn kevytsorakaton kosteusteknisen toiminnan varmistaminen 65
Klaus Viljanen ja Mikko Pöysti

Maanvastaisten seinien lämpö- ja kosteustekninen toiminta 71
Anssi Laukkarinen, Roosa Heiskanen ja Juha Vinha

Maanvaraisten alapohjarakenteiden rakennusfysikaalinen toiminta ja sisäilmalähtöiset virhetulkinnat 77
Ari-Veikko Kettunen

Maanvaraisen laatan kapselointikorjausten rakennusfysikaalinen toimivuus ja korjausten vaikutus liittyviin rakenteisiin 83
Heikki Aronen

Ylipaineistuksen ja ilmanpitävyyden vaikutus rakenteiden kosteustekniseen toimintaan 91
Milla Mattila, Camilla Vornanen-Winqvist, Ilkka Jerkku ja Jarek Kurnitski

Havainnot vanhojen pientalojen rakenteiden kosteusteknisestä toiminnasta Remedial-tutkimushankkeessa 97
Arto Köliö, Kaisa Jalkanen ja Petri Annila

A3. Määräykset ja ohjeet 103

Rakennuksen kosteusteknistä toimivuutta koskevan asetuksen valmistelu 105
Katja Outinen

Valviran uusi asunnontarkastusohje 111
Pertti Metiäinen

SULVIn ilmanvaihdon kuntotutkimusohjeistuksen merkitys sisäilmatutkimuksissa rakennevaurioisissa kohteissa 117
Lari Eskola ja Marko Björkroth

Uusien puhdastilastandardien vaikutuksista käyttäjän kannalta 123
Pekka Friberg, Elli Laine ja Kaisa Wallenius

Käytännön kokemuksia kosteudenhallinnan uusista ohjeista ja toimintamalleista 127
Petri Mannonen

A4. Kosteus- ja homevauriot 133

Kosteusvaurioiden vakavuus kuntien rakennuksissa 135
Petri Annila, Jukka Lahdensivu, Jommi Suonketo, Matti Pentti, Anssi Laukkarinen ja Juha Vinha

Ilmanvaihdon ja painesuhteiden merkitys rakenteille ja sisäilman laadulle; kolme case-tapausta 141
Saija Korpi, Lari Eskola, Terttu Rönkä, Timo Ekola, Sami Mustajoki ja Marko Björkroth

Rakennusmateriaalin ja rakenteen vaikutus mikrobilajistoon ja -pitoisuuteen 147
Helena Rintala, Marja Hänninen, Teemu Rintala, Pinja Tegelber ja Teija Meklin

Sisäilmaongelmaisen koulun korjausvaihtoehtojen ja purkamisen vertailu – case-tutkimus 153
Ulrika Uotila, Olli Teriö, Paavo Kero, Tero Marttila ja Malin Moisio

A5. Rakennusaikainen kosteuden- ja olosuhteiden hallinta 159

Kuivaketju10-toimintamallin periaatteet, jatkokehitys ja kokemukset 161
Sami Saari, Pekka Seppälä, Eveliina Tackett ja Markku Hienonen

Puukerrostalon työmaavaiheen lämpö- ja kosteusolosuhteiden mittaukset 167
Anssi Laukkarinen, Sami Musakka, Olavi Penttilä, Olli Teriö ja Juha Vinha

Puukerrostalorakentamisen kosteudenhallinta 173
Olli Teriö, Olavi Penttilä, Anssi Laukkarinen, Sami Musakka ja Juha Vinha

Julkisivujen ja parvekkeiden talvikorjausohje 179
Toni Pakkala, Jukka Lahdensivu, Arto Köliö ja Petri Annila

Olosuhteiden vaikutus rakennustyömaalla 185
Suvi Utriainen

A6. Rakennusten olosuhteiden seuranta ja hallinta 191
Ulkoseinärakenteen kosteusteknisen toiminnan seuraaminen 193
Susanna Ahola ja Jukka Lahdensivu

Reaaliaikaiset rakennusfysikaaliset kenttämittaukset – kokemuksia Oulusta 199
Markku Hienonen, Ilkka Räinä, Mikko Mielityinen, Jukka-Pekka Savolainen ja Timo Kauppinen

Sisäilman olosuhteiden jatkuva valvonta 209
Janne Heinonen, Virpi Leivo ja Pirkko Pihlajamaa

Paine-erot Pirkanmaan ja Helsingin julkisissa palvelurakennuksissa 215
Antti Kauppinen, Mihkel Kiviste, Joni Pirhonen ja Juha Vinha

A7. Kosteusturvallisen rakentamisen palkinnon voittajaehdokkaat 223
Asuinrakennusten kosteusvaurioiden korjaukset 225
Eero Nippala ja Terttu Vainio

Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjausoppaan päivitys 231
Timo Turunen, Susanna Ahola, Jukka Lahdensivu, Inari Weijo, Esko Sistonen ja Petri Annila

Kosteudenhallintakoulutus rakennustyömaalle 237
Tero Marttila, Jommi Suonketo, Paavo Kero ja Anne Hyvärinen

FISEn rakennusvirhepankki kosteusongelmien ratkaisussa 243
Marita Mäkinen, Timo Turunen, Hannu Kääriäinen, Pekka Väisälä, Gunnar Åström, Helmi Kokotti ja Hannu Pekkarinen

Rakennusten toimivuuden varmistus uudis- ja korjausrakentamisen laadunohjausmenetelmänä 249
Markku Hienonen, Ilkka Räinä, Antti Knuuti ja Timo Kauppinen

Uusi valesokkelirakenteen korotuskorjausmenetelmä lämpöä eristävällä täyttövalulla sekä rakenteiden tiivistäminen 259
Juha Lappalainen

A8. Energiatehokas rakentaminen 1 265
Koulujen ja päiväkotien laskettu ja toteutunut energiankulutus 267
Annu Ruusala ja Juha Vinha

Opetusrakennusten energiatehokkuuden arviointi 275
Tiina Sekki, Miimu Airaksinen ja Arto Saari

Energiatehokkuus on entistä enemmän sähkötehon hallintaa 281
Juhani Heljo, Jaakko Sorri ja Pirkko Harsia

Kustannusoptimaaliset energiakorjaus- ja uusiutuvan energian tuotannon ratkaisut kunnallisissa palvelurakennuksissa 287
Juha Jokisalo, Paula Sankelo, Kai Sirén ja Juha Vinha

Valmistautuminen lähes 0-energiarakentamiseen, Tilakeskuksen uusi rakentamistapa 293
Antti Lakka

Suurten kiinteistöjen jäähdytysenergian tuottaminen lämpöpumpulla ja jäähdytyksessä syntyvän lauhde-energian siirtäminen kaukolämpöverkkoon 299
Antti Ahlqvist

A9. Energiatehokas rakentaminen 2 305

Kustannusoptimaalisten peruskorjausratkaisuiden energia- ja ympäristötehokkuus 1970-luvun betonielementtirakenteisissa asuinkerrostaloissa 307
Tuomo Niemelä

Arkkitehtuurin ja tilasuunnittelun vaikutus rakennuksen energiatehokkuuteen 317
Malin Moisio, Taru Lindberg, Tapio Kaasalainen ja Antti Mäkinen

Energiatehokkuusinformaatio palvelurakennuksissa 325
Jaakko Sorri, Juhani Heljo, Ulrika Uotila ja Annu Ruusala

Energiakortti rakennushankkeen tavoitteiden asettamisessa ja todentamisessa 331
Olli Teriö, Juhani Heljo, Sakari Uusitalo ja Pirkko Pihlajamaa

Suuren lämmöneristämättömän maanvastaisen alapohjan vaikutus rakennuksen energiankulutukseen 335
Petteri Huttunen, Juha Rantala ja Juha Vinha

U-arvojen mittaukset nopeasti ja tarkasti – periaatteet ja mahdollisuudet 343
Mikael Paronen

A10. Toimivat ja kestävät rakennukset 349

Toimivuustarkastusten merkitys rakennuksen elinkaarelle 351
Pirkko Pihlajamaa, Sakari Uusitalo ja Olli Teriö

Rakennuksen kokonaisvaltainen laadunhallinta 357
Miika Virtanen

Rakennusfysikaalisten riskien huomioiminen kiinteistön ylläpidossa ja riskeihin liittyvän tiedon hallinta – kiinteistönomistajan toimintamalli 363
Johanna Jalas, Timo Turunen, Markku Uusitalo ja Jarmo Perkiö

Yritysten ja yhdistysten ilmoitukset 369

SISÄLLYSLUETTELO
OSA 2

Esipuhe iii

Rakennusfysiikka 2017 -seminaarin yhteistyökumppanit v

B1. Kosteudenhallinnan tekniset ratkaisut 371

Uuden betonilattian kuivattaminen Tulilattian Fööni-kuivatusputkistolla 373
Ville Ahvenainen, Pasi Lehtimäki ja Esa Tommola

FF-WALL -seinäjärjestelmä 379
Jouni Eronen ja Asso Erävuoma

Rakentamisen kuivaketjun varmistaminen teollisuusrakentamisessa – teräslevypintaiset sandwich-seinäelementit 385
Pasi Turpeenniemi ja Erkki Honkakoski

Temperierung-menetelmä ja sen soveltaminen massiivirakenteisten seinien kosteusteknisissä korjauksissa 391
Jani Sorasalmi

B2. Rakennusfysiikan laskentamenetelmät ja mittauslaitteet 397

Kuorielementtien kuivumisen mallintaminen hydrataation huomioivalla FEM-laskennalla 399
Pauli Sekki, Lauri Korhonen ja Juha Vinha

Betonilaatan ja sen kuivatusputkiston toiminnan numeerinen simulointi 407
Timo Karvinen ja Pauli Sekki

Alipaineistetun tuulettuvan ryömintätilan rakennusfysikaaliset FEM-simuloinnit 413
Juha Salo, Petteri Huttunen ja Juha Vinha

The application and the potential of QUB/e in the Nordic countries: new perspectives for fast in-situ measurements of the building thermal performance 423
Andrea Mazzucco and Jussi Jokinen

Mittauslaitteistojen soveltuvuus alipaineistettujen osastojen paine-eron pysyvyyden seurantaan asbestipurkutöissä 431
Timo Jalonen

Uusi menetelmä rakennusten vuotoilmavirtojen määrittämiseksi 437
Ilpo Kulmala ja Pertti Pasanen

B3. Materiaalien rakennusfysikaaliset ominaisuudet 441

Lämpötilan vaikutus eristemateriaalien lämmönjohtavuuteen 443
Hanna Kianta

Rakennuseristemateriaalien kosteuskäyttäytyminen ja hyvät rakennustavat 449
Hannu-Petteri Mattila

Suomessa markkinoilla olevien kalsiumsilikaattilevyjen rakennusfysikaaliset materiaaliominaisuudet 455
Eero Tuominen, Maarit Vainio ja Juha Vinha

Betonin kosteusteknisten materiaaliominaisuuksien määrittäminen 461
Kari Vänttinen, Eero Tuominen ja Juha Vinha

Viilupuun (LVL) kosteustekniset ominaisuudet ja käyttö rakennuksessa 471
Niko Laakso

B4. Sisäilman haitta-aineet 477

Haihtuvat orgaaniset yhdisteet toimistotyyppisen uudisrakennuksen sisäilmassa sekä uusien kalusteiden vaikutus sisäilman VOC-tuloksiin 479
Pirita Suortamo ja Sanna Lappi

Korjattujen ja korjaamattomien lattiarakenteiden pitkäaikaisseurannan oirekyselyjen tuloksia 487
Pertti Metiäinen ja Helena Mussalo-Rauhamaa

Onko sisäilmaongelmat ymmärretty oikein? 493
Janne Liimatainen ja Gunnar Laurén

B5. Sisäilman laatu 499

Rakennusten peruskorjauksessa tai laajennuksessa usein liian vähälle huomiolle jääneitä sisäilman laatua heikentäviä tekijöitä 501
Timo Hautalampi

Arviointimenetelmä korjaussuunnitteluratkaisujen vaikutuksesta rakennuksen altistumisolosuhteisiin 507
Veli-Matti Pietarinen, Kai Nordberg, Juha Heikkinen, Liisa Kujanpää ja Helmi Kokotti

Käyttöä turvaavat toimenpiteet kosteus- ja homevaurioituneissa rakennuksissa 517
Kaisa Jalkanen, Hanna Leppänen, Mari Turunen ja Ulla Haverinen-Shaughnessy, Tero Marttila ja Anne Hyvärinen

Kohti sisäilmasairaalle soveltuvaa rakentamista – kehitystyön lähtökohtia 523
Katja Pulkkinen

Elinkaarikoulujen pintapölyt ja siivottavuus 529
Leila Kakko

B6. Sisäilmatutkimukset 533

Uusi sisäilman laadun tutkimusmenetelmä 535
Elisa Aattela

Uusi menetelmä sisäilmaongelmaisten rakennusten priorisointiin 541
Julia Debbarh

Työpaikkatilojen jatkuvatoiminen radonmittaus 547
Pasi Arvela

B7. Ääneneristys ja meluntorjunta 551
Ilmaääneneristävyyden mittauksia koskeva round robin -testi 553
Jesse Lietzén ja Mikko Kylliäinen

Tampere-talon laajennuksen ja tilamuutosten akustiikkasuunnittelu 559
Jussi Rauhala, Mikko Kylliäinen, Jesse Lietzén, Joose Takala, Ilkka Valovirta ja Mikael Ruohonen

Betonirakenteisten alalaattavälipohjien ääneneristävyyden korjaaminen nykytasoon kevytrakennetekniikalla 565
Arto Hyttinen

Julkisivurakenteiden ääneneristävyys pientaajuuksilla 571
Valtteri Hongisto, Jukka Keränen ja Jarkko Hakala

Kalkkisementtistabiloinnin teknistaloudellinen soveltuvuus liikennetärinän vaimennukseen 577
Timo Huhtala, Mikael Ruohonen ja Mikko Kylliäinen

Länsimetron runkomelu ja eristysratkaisut 583
Henri Penttinen, Timo Peltonen ja Timo Markula

B8. Huoneakustiikka 589
Avointen oppimisympäristöjen edellyttämät ääniolosuhteet 591
Mikko Kylliäinen ja Rauno Pääkkönen

Osallistava melunhallinta ja akustointi – Miten opetustilan ääniympäristöä voidaan parantaa? 597
Jaana Jokitulppo, Sirpa Pirilä, Elina Niemitalo-Haapola ja Leena Rantala

Kalusteet osana tilan akustista ratkaisua 603
Rauno Pääkkönen ja Mikko Kylliäinen

Ääniolosuhteiden kustannusvaikutukset avotoimistoissa 609
Joni Kemppainen, Henry Niemi, Mikko Kylliäinen ja Antti Mikkilä

Hoitohenkilökunnan kokemus sisäympäristöstä Tampereen yliopistosairaalassa 615
Valtteri Hongisto Riikka Helenius ja Isto Nordback

Suomalaisten sairaalatilojen huoneakustiikka; mittauksia ja huomioita 621
Jyrki Kilpikari ja Kalle Lehtonen

Yritysten ja yhdistysten ilmoitukset 625