

TULOSKORTTIAINEISTON KOONTIESITYS

COMBI-tutkimushanke

Laatijat: Tuloskorttien vastuuhenkilöt

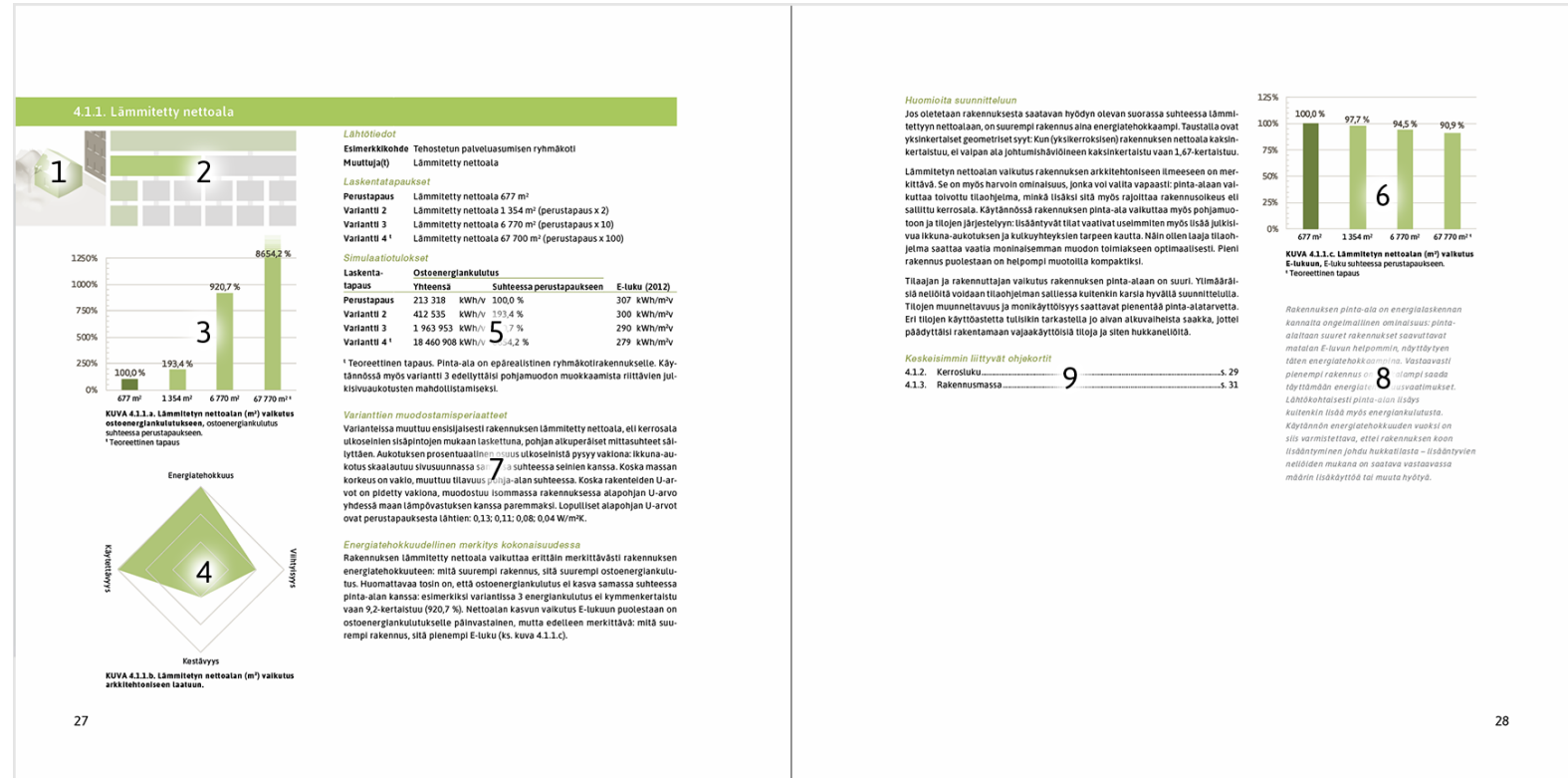
Energiatehokkaan arkkitehtisuunnittelun ohjekortisto

Ohjekortisto havainnollistaa yksittäisten suunnitteluratkaisujen merkitystä rakennuskokonaisuudessa.

Arkkitehtonisen laadun keskeiset kriteerit ovat käytettävyys, kestävyys ja viihtyisyys.

Käyttöön perustuvat tila- ja talotekniikkasuunnittelu vaikuttavat merkittävästi sekä energiatehokkuuteen että arkkitehtoniseen laatuun.

Ostoenergiankulutuksen ja E-luvun indikaattoreiden kautta energiatehokkuudessa korostuvat talotekniset ratkaisut.



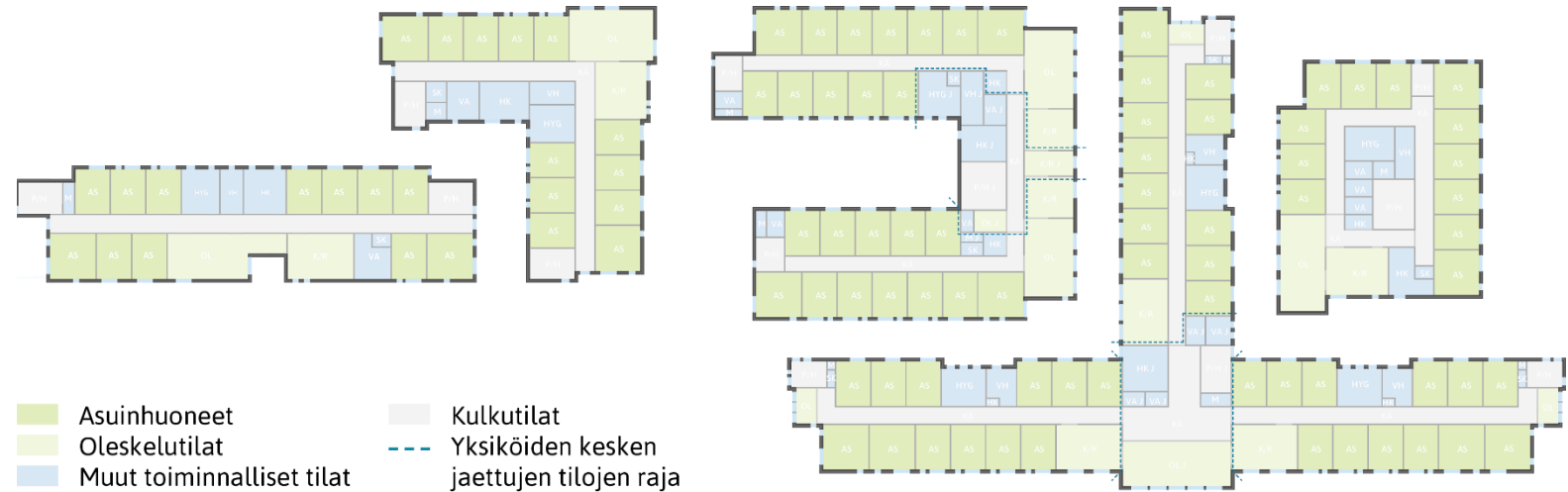
- 1) Visualisointikuva tarkasteltavasta tekijästä
- 2) Sijainti hierarkiapuussa
- 3) Vaikutus ostoenergiankulutukseen
- 4) Vaikutus arkkitehtonisiin laatutekijöihin
- 5) Numeeriset laskentatulokset
- 6) Vaikutus E-lukuun tai käyttötehokkuuteen (tarvittaessa)
- 7) Tarkastelun kuvaus ja huomiot
- 8) Muuta aiheeseen liittyvää pohdintaa
- 9) Aiheeseen keskeisimmin liittyvät ohjekortit

Esimerkkiaukeama ohjekortistosta. Ohjekortti esittää kunkin ominaisuuden keskeiset tulokset sekä niihin perustuvat huomiot ja suositukset. Kuva: Moisio et al. 2018.

Ikääntyneiden tehostetun palveluasumisen tilalliset ja toiminnalliset suunnitteluratkaisut

Tehostetun palveluasumisen suunnitteluratkaisut ovat tilarakenteellisesti liian yksipuolisia.

Tilankäyttöä ei enää voida tehostaa yksikkökojoja kasvattamalla tai mitoitusta tiivistämällä – sommittelullisia perusratkaisuja on uudistettava.

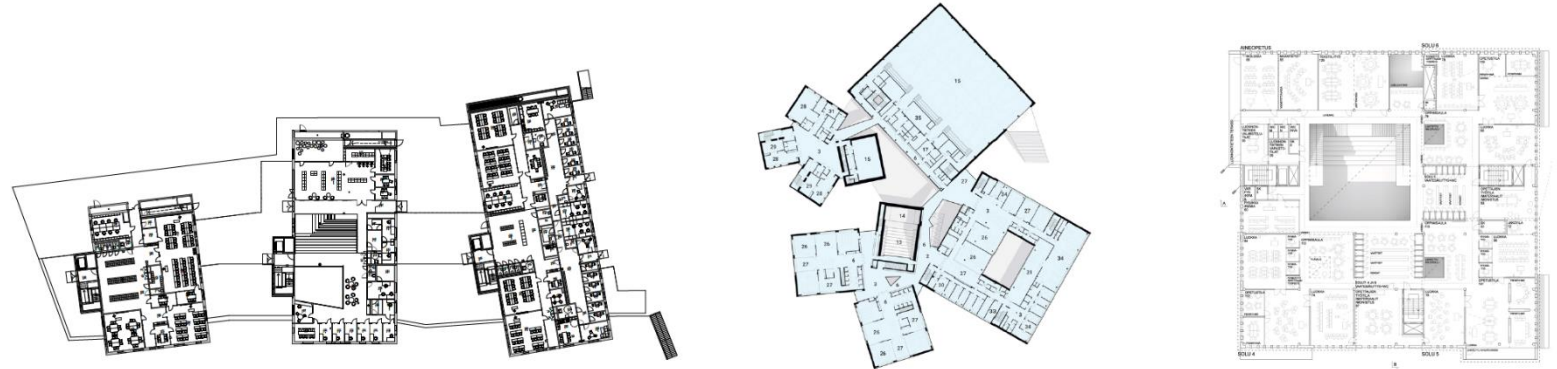


Ikääntyneiden tehostetun palveluasumisen tyypillisiä tilaratkaisuja. Esitetyt tyypimallit edustavat teoreettisia, sommitelmaltaan ja mitoitukseltaan keskimääräisiä ryhmäkotikerroksia. Kuva: Kaasalainen et al. 2018a.

Peruskoulujen energiatehokkuuteen vaikuttavat tilalliset ja toiminnalliset suunnitteluratkaisut

Peruskoulujen arkkitehtisuunnittelu heijastelee uusien opetusmetodien toiminnallisia vaatimuksia muodostaen perustan energiatehokkuudelle.

2000-luvun kouluja voidaan ryhmitellä seitsemään ryhmään tilallisten ja toiminnallisten ominaisuuksien perusteella.



Poimintoja tutkimuksessa käytetyistä esimerkkikohteista. Bjørnslettan koulu (2014, Oslo), Opinmäen monitoimitalo (2015, Espoo) ja Jätkäsaaren peruskoulu (2019, Helsinki).

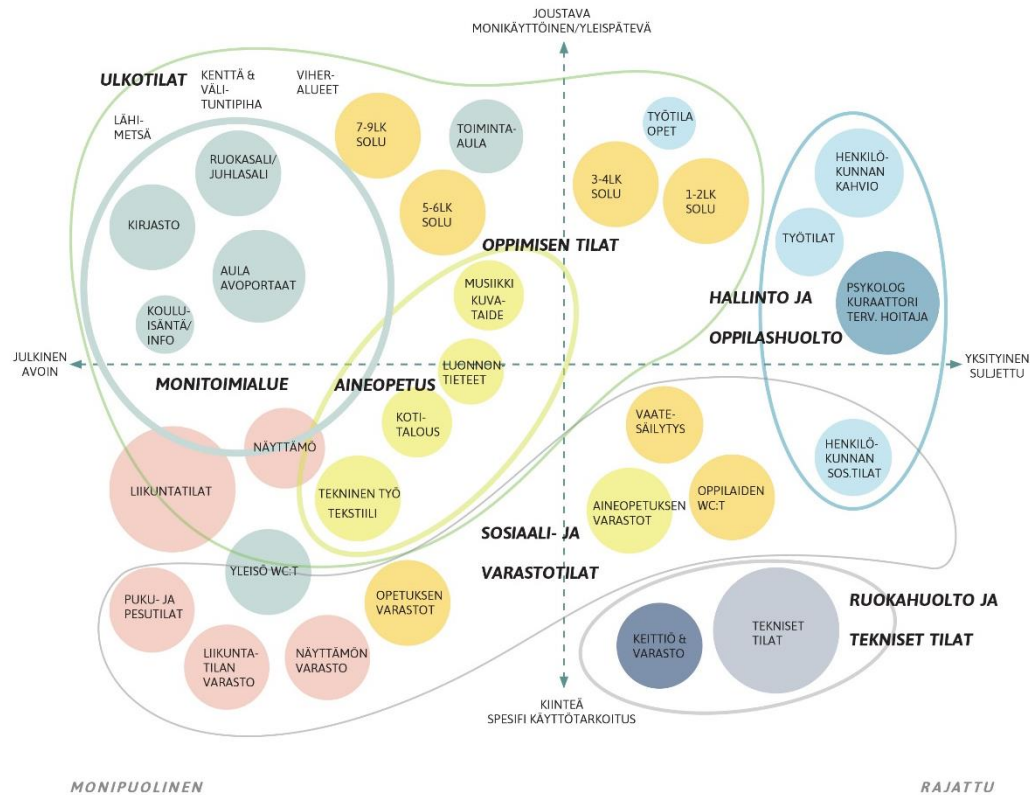


Esimerkkikohteiden tilallinen ja toiminnallinen ryhmittely. Ryhmittelyjä kuvaavat nimet ovat Noppa, Tähti, Kide, Sormet, Kaari, Puikko ja Hybridi. Kuva: Lehtinen et al. 2018.

Monikäyttöisyyttä tukevilla tilaratkaisuilla ekologisuutta koulujen arkkitehtisuunnitteluun

Monikäyttöisyys parantaa koulujen ekologisuutta ja käyttötehokkuutta.

Rakennuksen jakamisella julkisuus-, joustavuus- ja käyttöasteiltaan erilaisiin vyöhykkeisiin voidaan tehostaa taloteknisiä sekä turvallisuuteen liittyviä ratkaisuja.



Nelikenttätökalu. Rakennusten tilaohjelmien tilat voidaan jaotella nelikenttään tilojen joustavuuden (pystyakseli) ja julkisuuden (vaaka-akseli) perusteella, ja muodostaa työkalun avulla tilavyöhykkeitä arkkitehtuurin tilasuunnittelun yhteydessä. Kuva: Mustila 2017.

Lähes nollaenergiatavoitteiden vaikutus rakennusten arkkitehtoniseen ilmeeseen ja tilasuunnitteluun

Tilaohjelmaa arvioimalla ja muuntojoustavuutta hyödyntämällä voidaan pienentää lämmitettyä nettoalaa vaikuttaen merkittävästi rakennuksen energiatehokkuuteen.

Arkkitehtoniseen ilmeeseen vahvasti vaikuttavia energiatehokkuustekijöitä ovat esimerkiksi rakennukseen integroitu omavarais-energiantuotanto ja runkorakennetekniikka.



Esimerkkisuunnitelma. Tutkimuksessa tehtiin arkkitehtisuunnitelma lähes nollaenergiakouluksi Laukaalle yhteistyöyritys Arkkitehtipalvelu Oy:n hankkeen pohjalta. Kuva: Nissilä 2017.

Ekologisuuden neljän eri näkökulman vertailu ja vaikutukset arkkitehtisuunnitteluun

Ainoastaan yhden indikaattorin, kuten yksistään energiatehokkuuden, tarkastelu ei ole riittävä pyrittäessä kokonaisvaltaisesti ekologiseen lopputulokseen.

Energiatehokkuus, hiilijalanjälki, elinkaarivaikuttavuus ja elinkaari tehokkuus yhdessä kattavat rakennuksen ekologisen elinkaaren.



Energiatehokkuus



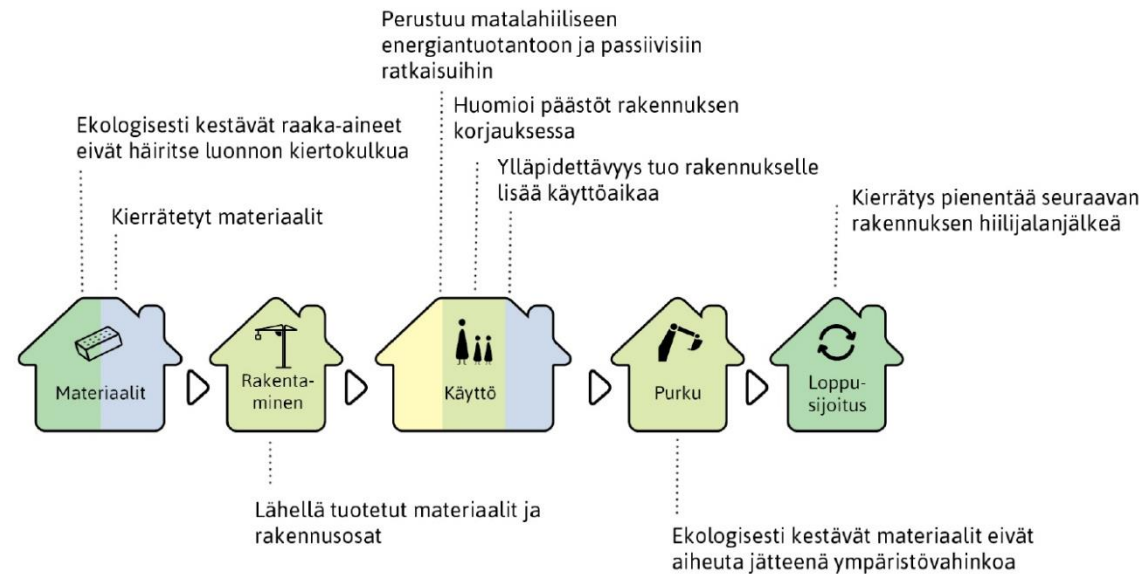
Hiilijalanjälki



Elinkaarivaikuttavuus



Elinkaari tehokkuus



Rakennuksen elinkaari. Kokonaisvaltainen rakennuksen elinkaari sisältää energiatehokkuuden (keltainen), hiilijalanjäljen (vaaleanvihreä), elinkaarivaikuttavuuden (tummanvihreä) ja elinkaari tehokkuuden (sininen) näkökulmat. Kuva: Vuorinen 2017.

Passiivisten suunnitteluratkaisujen vaikutus energiatehokkuuteen ja hiilijalanjälkeen

Tilaohjelman kehittämällä ja käytön tehostamisella on hyödyntämätöntä potentiaalia sekä energiatehokkuuden että hiilijalanjäljen parantamisessa.

Passiivisilla suunnitteluratkaisuilla on vaikutusta rakennuksen sisäolosuhteisiin.

Hyvään energiatehokkuuteen ja pieneen hiilijalanjälkeen pyrkivät suunnitteluratkaisut ovat toisinaan ristiriidassa keskenään.

4.2.2 RAKENNUS

Tilaohjelma

| | PIENILMASTO | TONTTI | KASVILLISUUS | TILA-OHJELMA | KOKO | GEOMETRIA | IKKUNAT JA OVET | VARJOSTUS | MATERIAALIT | RAKENNUSOSAT | LIITOKSET | LÄMPÖTILA | SISÄILMA | VALO | VESI | TALOTEKNISTEN JÄRJESTELMIEN OPTIMOINTI | | |
|--|-------------|--------|--------------|----------------|----------------|-----------|-----------------|-----------|-------------|--------------|-----------|-----------|----------|------|------|--|---|-------|
| Tehokkuus | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tilantarpeen arvioiminen ja tilojen lukumäärän minimoiminen | | | | kpl | kpl | | | | | | | | | | | | E | H |
| Porrashuoneen ja käytävätilojen tehokkuus rakennuksessa <i>Porrashuoneen koon ja hissien lukumäärän minimoiminen</i> | | | | PRSH | PRSH | | | | | | | | | | | | E | H |
| Hukkaneliöiden minimoiminen asunnossa <i>Käytävien ja aulatilojen minimoiminen, tilojen koon minimoiminen</i> | | | | m ² | m ² | | | | | | | | | | | | E | H |
| Tilojen käyttöaste <i>Aamu-, ilt- ja päiväkäyttö, ympärivuorokautinen käyttö, työn ja asumisen yhdistyminen</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | E | H ! ? |
| Tilojen sijoittelu | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tilojen tehokas sijoittelu suhteessa toisiinsa <i>Liikkuminen rakennuksessa ja asunnossa</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | E | H |
| Tilojen sijoittaminen vaipan ulkopuolelle <i>Porrashuone, roskakatos, pyörävarasto, osa oleskelutiloista; lämmittämättömät tilat, kuten lasitettu parveke, viherhuone</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | E | H |
| Ulkotilojen hyödyntäminen <i>Kattoterassi, kattopuutarha, oleskeluviherkatto, viherpiha, pihakansi; ulkotilojen laadukas suunnittelu</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | E | H |
| Taloteknisten järjestelmien tilavaraukset ja toimiva sijoittaminen <i>Talotekniikkatilat, talotekniikkakuulut</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | E | H ! |
| Tilavyöhykkeet | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Lämpövyöhykkeet <i>Lämpimien, puoliämpimien, lämmittämättömien tilojen ryhmittely</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | E | H ? |
| Puskuriwyöhyke pohjoiseen <i>Porrashuone, luhtikäytävä, varastotilat</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | E | |
| Märkätilavyöhykkeet | | | | | | | | | | | | | | | | | E | H |
| Luonnonvalovyöhykkeet | | | | | | | | | | | | | | | | | E | ? |

Ote konseptipankin esimerkkisivusta: Tilaohjelma. Tilaohjelman tehokkuudella, tilojen sijoittelulla, tilavyöhykkeillä, yhteistiloilla ja joustavuudella voidaan vaikuttaa sekä rakennusten energiatehokkuuteen (E) että hiilijalanjälkeen (H). Kuva: Lindberg 2015.

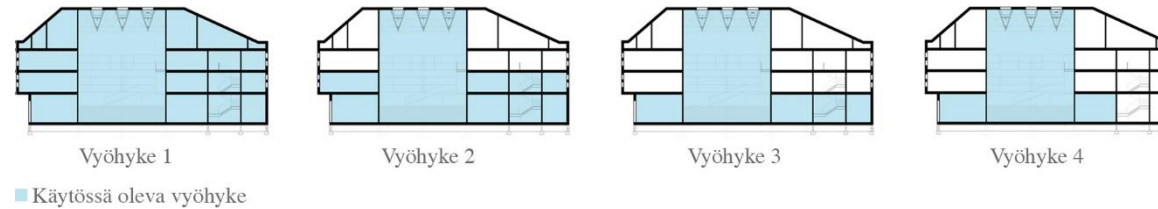
Tilojen jakamisella vyöhykkeisiin voidaan parantaa rakennusten käyttö- ja energiatehokkuutta

Käyttötehokkuuden laskenta täydentää energiatehokkuuden arviointia.

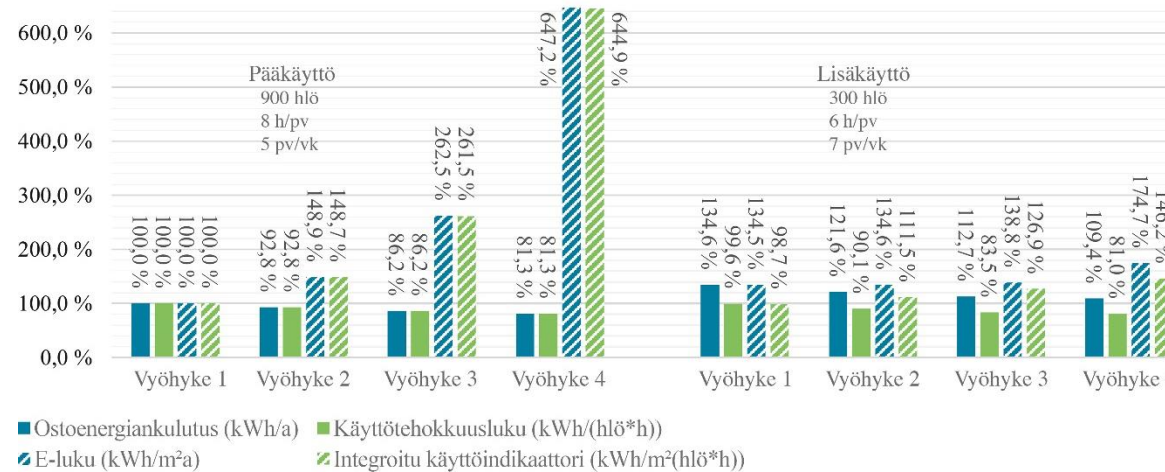
$$\text{Käyttötehokkuus} = \frac{\text{ostoenergiankulutus}}{\text{henkilökäyttötunnit}}, \quad P_{\text{käyttö}} = \frac{E}{\sum (T_{\text{nie}} \cdot t_{\text{nie}})}$$

Käyttövyöhykkeillä ja niihin perustuvalla tarpeenmukaisella talotekniikalla on yhdessä merkittävä vaikutus rakennusten energiatehokkuuteen.

Systemaattista käytön suunnittelua tarvitaan suunnitteluprosessin alkuun.



Tilavyöhykkeet. Case-kohte jaettuna tarkasteltuihin vyöhykkeisiin. Vyöhykkeet ovat samat pää- ja lisäkäytön yhteydessä, mutta henkilöiden lukumäärä ja käyttöaikataulu ovat eri. Kuva: Lindberg et al., 2018; orig. AOR Arkkitehdit

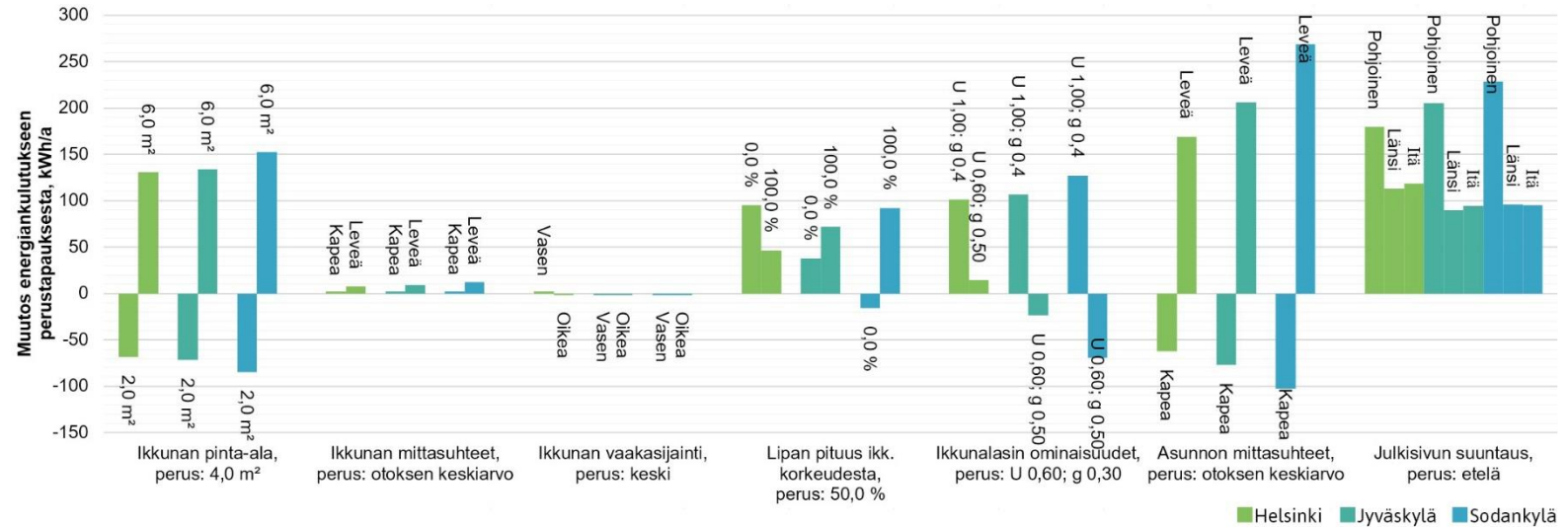


Tulokset. Vyöhykkeiden vaikutus itsenäisiin (umpinaiset) ja integroituihin (raidalliset) indikaattoreihin. Huomaa, että lisäkäyttö tapahtuu pääkäytön lisäksi. Kuva: Lindberg et al. 2018.

Ikkunoiden suunnittelun vaikutus energiatehokkuuteen

Ikkunoiden energiatehokkuusvaikutukset muodostuvat ensisijaisesti syntyvistä lämmitys- ja jäähdytystarpeista.

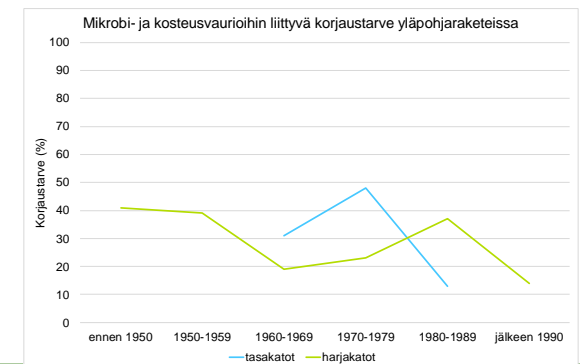
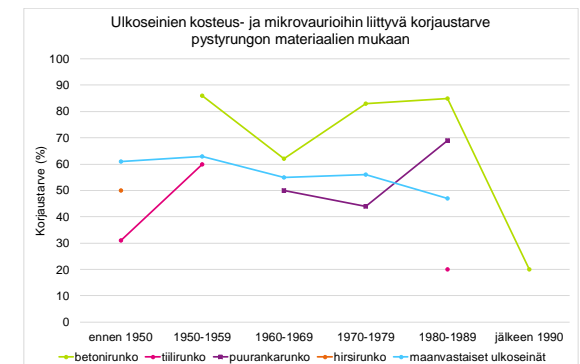
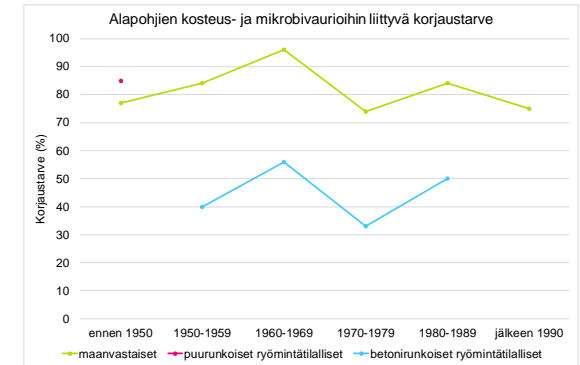
Energiatehokas ikkunoiden suunnittelu edellyttää aina ratkaisuja, jotka huomioivat ikkunan ominaisuudet kokonaisuutena ja osana koko rakennusta.



Suunnitteluratkaisujen vaikutus vuotuisen ostoenergiankulutukseen. Pylväät kuvastavat keskimääräistä, odotettua muutosta energiankulutuksessa muokattaessa nimettyä ominaisuutta perusarvosta kussakin tarkastellussa sijainnissa. Kuva: Kaasalainen et al. 2018b.

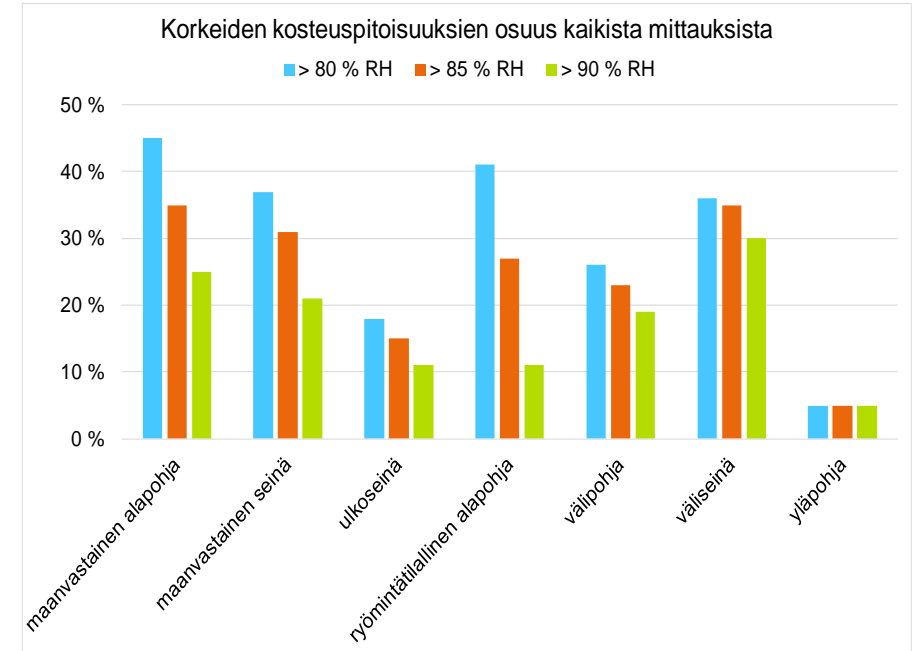
Palvelurakennusten kosteus- ja mikrobivaurioituminen

- Sisäilmaongelmien sekä kosteus- ja mikrobivaurioiden korjaustarve ovat usein osa palvelurakennusten peruskorjaushankkeita.
- Rakennukset ovat moniongelmaisia, eli korjattavaa löytyy useasta rakennusosasta, mutta vauriot ovat luonteeltaan enemmän pistemäisiä kuin laaja-alaisia. Mitä vanhempi rakennus sitä enemmän keskimääräisesti on kosteus- ja mikrobivaurioihin liittyvää korjaustarvetta.
- Rakennusmateriaalivalinnoista tai rakennuksen iästä riippumatta kaikista Suomessa käytetyistä rakennetyypeistä löytyy kosteus- ja mikrobivaurioita, eikä riskitöntä rakennetta siten ole löydettävissä. Ongelmat ovat yleisimpiä maanvastaisissa rakennusosissa.
- Jokainen rakennus on kuitenkin aina yksilöllinen, eikä vaurioitumista voi perustaa yksistään tilastolliseen aineistoon. Syntyneitä aineistoa voidaan kuitenkin käyttää hyödyksi kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen suunnittelussa, joka on välttämätön osa onnistumiseen tähtäävää korjaushanketta.



Rakennusosien kosteuspitoisuudet kosteus- ja sisäilmateknisissä kuntotutkimuksissa

- Kosteus- ja sisäilmateknisissä kuntotutkimuksissa kuntotutkijan tulee tehdä valinta käytettävästä tutkimusmenetelmästä tapauskohtaisesti. Aineiston perusteella kosteusmittaukset kohdistetaan pääsääntöisesti maanvastaisiin rakennusosiin sekä ulkoseiniin.
- Rakennusmateriaalivalinnoista tai rakennuksen iästä riippumatta kaikista Suomessa käytetyistä rakennetyypeistä on mitattu korkeita kosteuspitoisuuksia, eikä riskitöntä rakennetta siten ole löydettävissä.
- Korkeaksi kosteuspitoisuudeksi on katsottu yli 80 % suhteellinen kosteus, joka pitkään jatkuessaan mahdollistaa herkimpien rakennusmateriaalien mikrobivaurioitumisen.



Terveen talon toteutuksen kriteerit korjausrakentamiseen

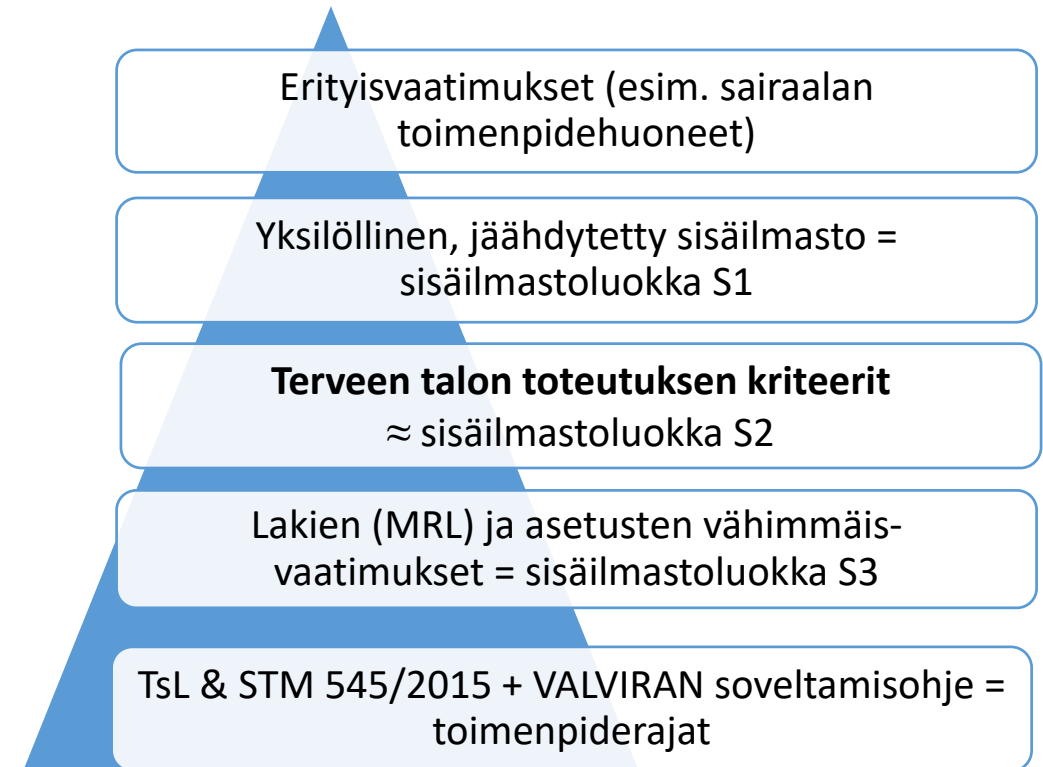
Korjausrakentaminen on usein monimutkaisempaa kuin uudisrakentaminen

→ siihen tarvitaan omat yhtenäiset, selkeät, yleispätevät ja käytännönläheiset kriteerit

(uudisrakentamiseen suunnattujen toimintamallien soveltaminen saattaa jättää oleellisia korjausrakentamisen erityispiirteitä huomioimatta)

Päivitetty suppea kriteeristö täydentää muita olemassaolevia laajoja toimintamalleja

Tietoa tiivistämällä voidaan saavuttaa parempaa vaikuttavuutta rakentamisen yleiseen laatuun ja ohjata tarkempaa tietoa tarvitsevia viimeisimmän tiedon lähteille



Määräysten minimitasoin mukainen rakennuskin tulee rakentaa toimivaksi, turvallisiksi ja terveelliseksi, mutta

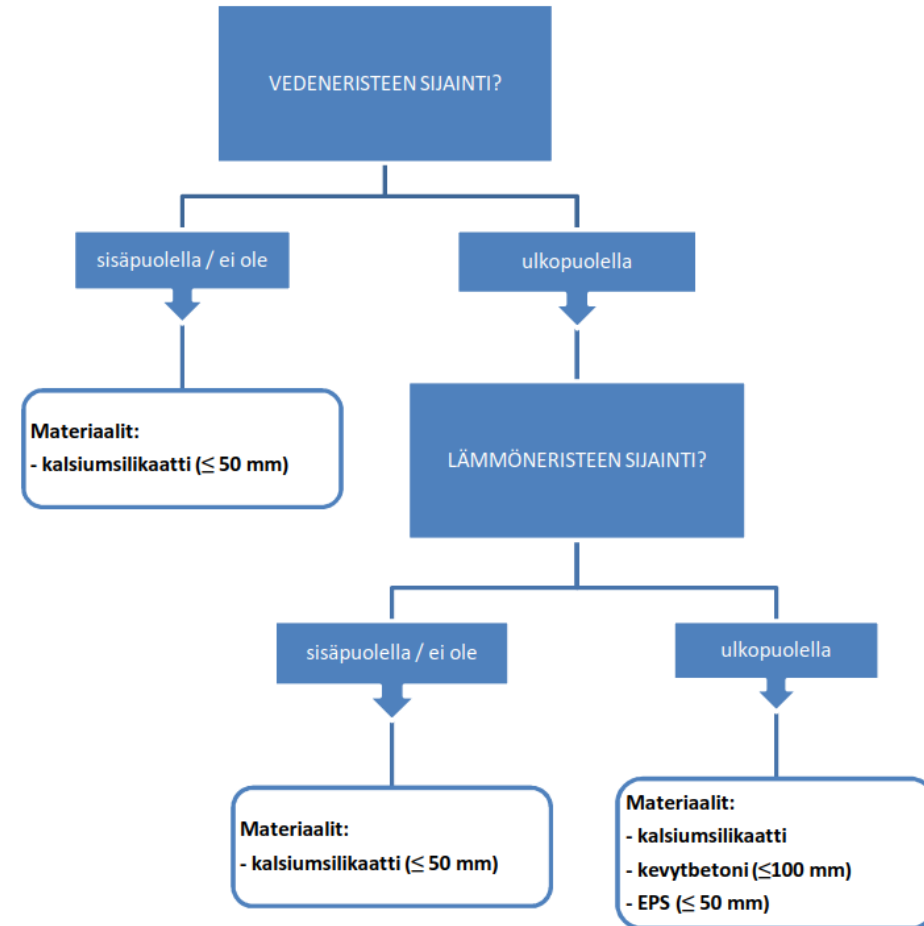
Terveen talon toteutuksen kriteereillä pyritään korkeampaan sisäilmaston laatuun ja kosteuteen liittyvien riskien minimointiin

Maanvastaisten seinien lämmön- ja kosteudeneristys

Jo pelkkä vesihöyryn diffuusio maaperästä riitti synnyttämään homeen kasvulle otolliset olosuhteet useisiin sisäpuolelta lämmöneristettyihin maanvastaisiin seiniin.

Maanvastaisten seinien lämmön- ja kosteudeneristys tulee lähtökohtaisesti tehdä aina kantavan rakenteen ulkopuolelle.

Sisäpuolista lisälämmöneristystä käytettäessä ohut, kapilaarisesti kosteutta tehokkaasti siirtävä lämmöneristemateriaali on suositeltavin vaihtoehto ($A_w \geq 1,1 \text{ kg}/(\text{m}^2\text{s}^{0,5})$).



Kalsiumsilikaattieristeiden rakennusfysikaaliset materiaaliominaisuudet

Kalsiumsilikaattilevy

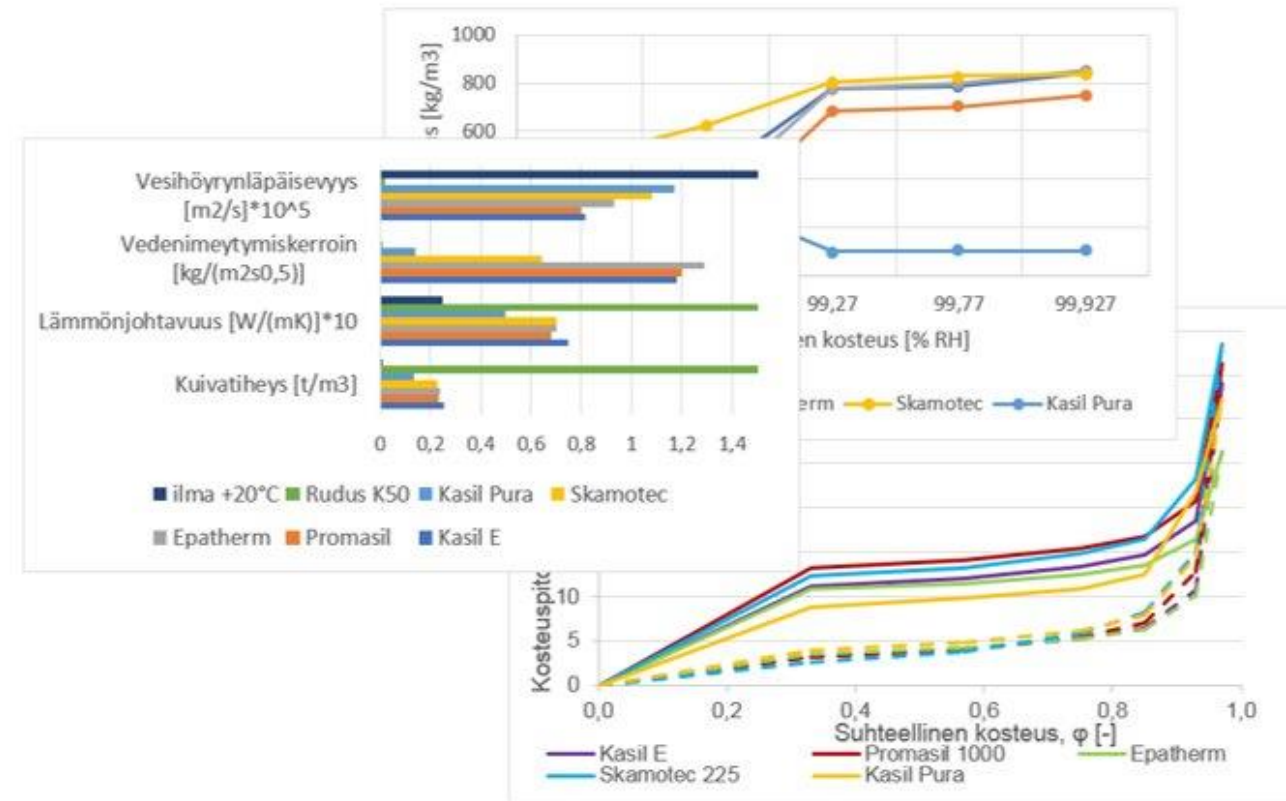
Tutkitut ominaisuudet

- Vesihöyrynläpäisevyys
- Vedenimeytymiskerroin
- Lämmönjohtavuus
- Hygroskooppinen tasapainokosteuskäyrä
- Kapillaarinen tasapainokosteuskäyrä
 - Maksimikosteuspitoisuus

Ominaislämpökapasiteetti

Koemenetelmien kehitystyö

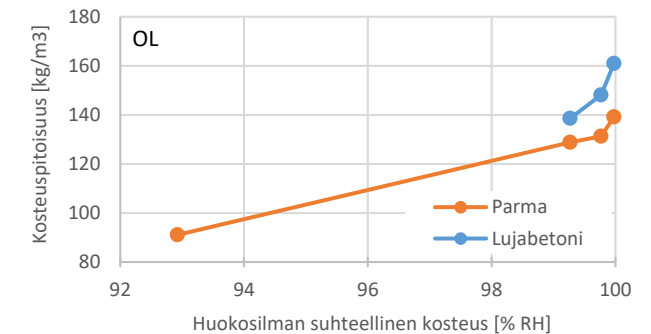
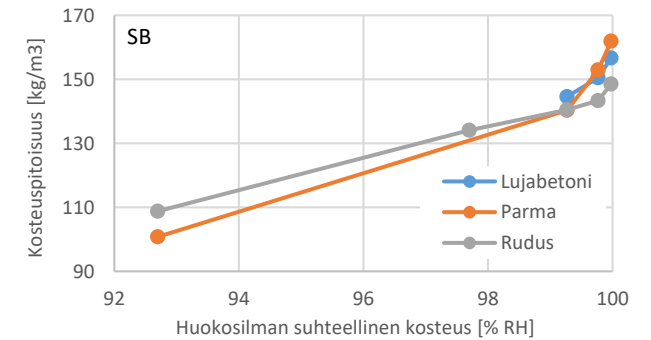
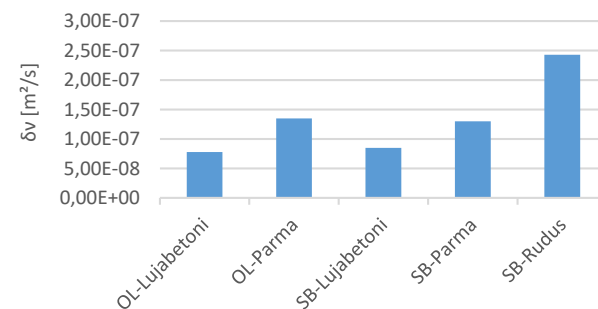
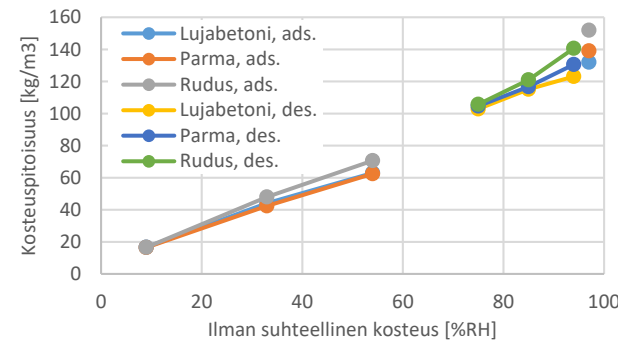
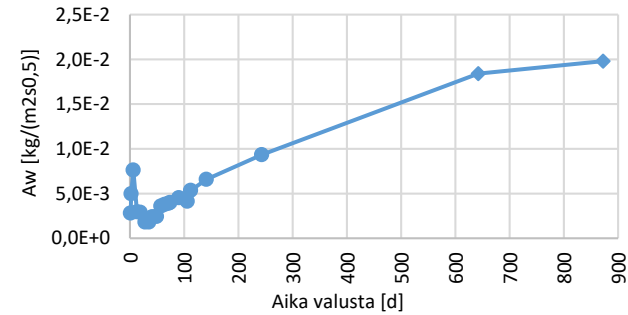
- Kapillaarinen tasapainokosteuskäyrä
 - Painelevylaitteiston peruskäyttö ja toimintatapaohjeistus
 - Vakuumikyllästyslaitteen testaus



Sisäkuori- ja ontelolaattabetonien rakennusfysikaaliset kosteusominaisuudet

Materiaalikoeket ja tutkitut ominaisuudet

- Veden imeytymiskoe
 - Veden imeytymiskerroin
 - Veden tunkeutumiskerroin
 - Kapillaarinen kyllästyskosteuspitoisuus
 - Veden imeytymiskertoimen kehittyminen
- Tasapainokosteuskoe
 - Hygroskooppinen tasapainokosteuskäyrä
- Painelevykoekoe
 - Kapillaarinen tasapainokosteuskäyrä
 - Maksimikosteuspitoisuus
- Märkäkuppikoe
 - Vesihöyrynläpäisevyys



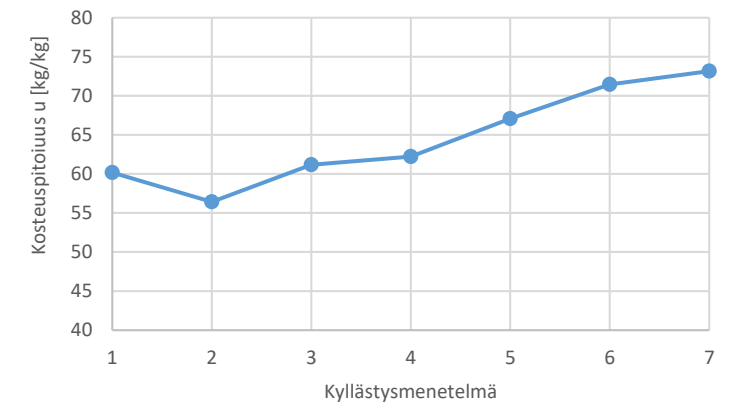
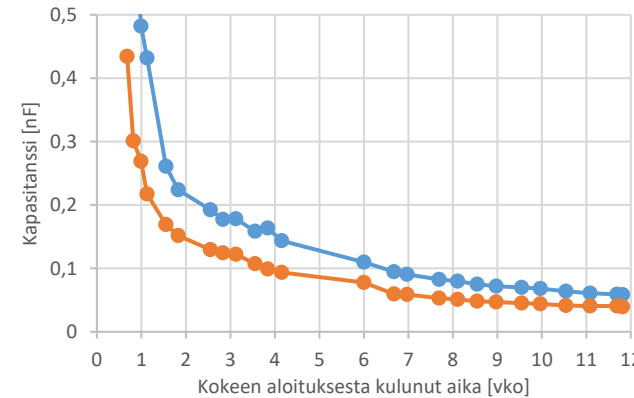
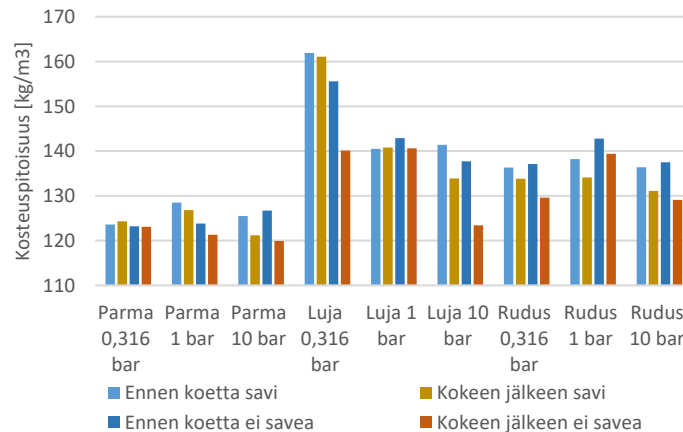
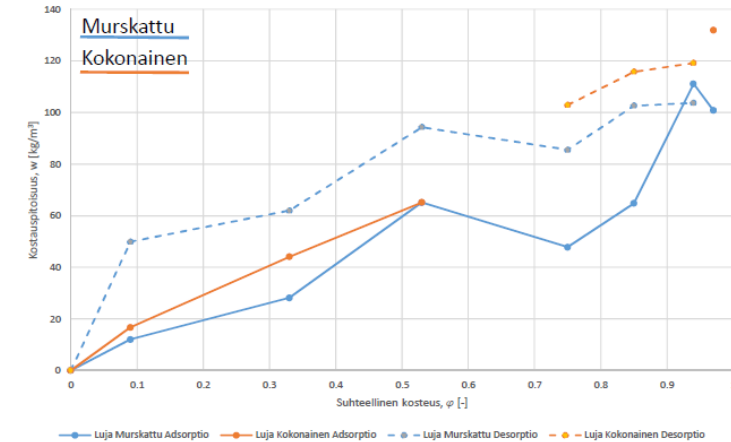
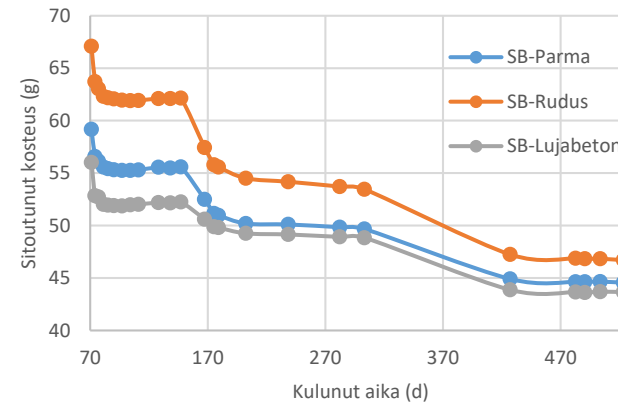
Rakennusfysikaalisten kosteusominaisuuksien laboratoriomittausten kehittäminen

Tasapainokosteuskokeen kehittäminen

- Tasapainottumisen todentaminen
- Kokeen nopeuttaminen

Painelevykokeen kehittäminen

- Vakuumikyllästetyt koekappaleet betonien kokeissa
- Kaoliinisaven tarpeellisuuden testaus
- Kapasitanssimittaukset
- Koekappaleiden vakuumikyllästysmenetelmien testaus



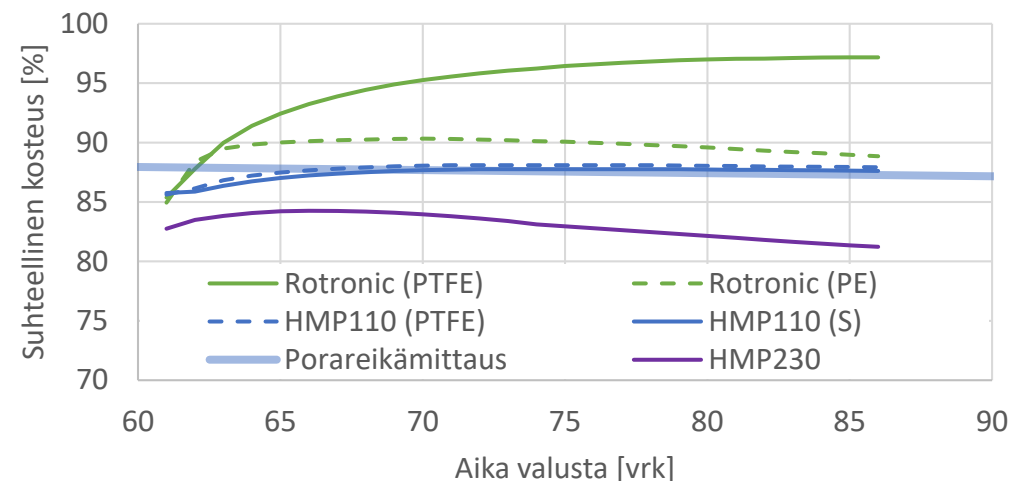
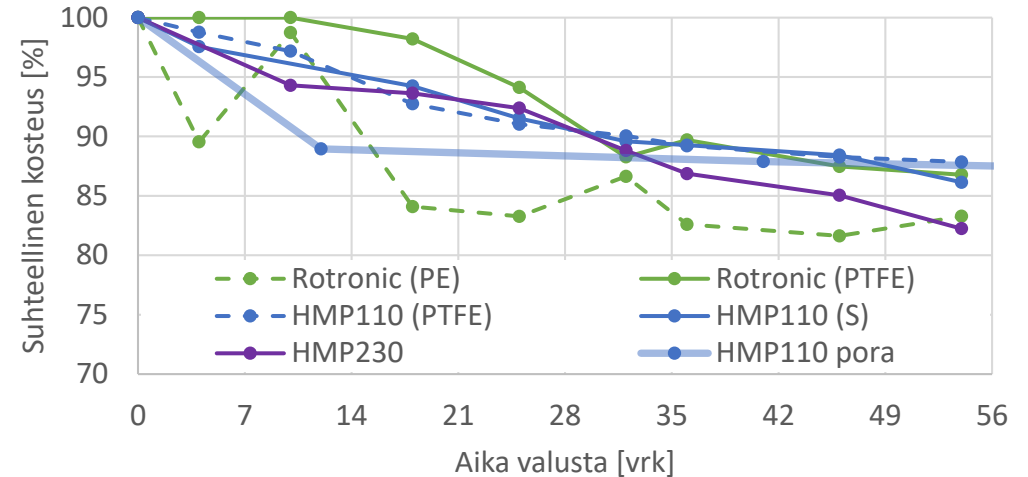
Kapasitiivisten kosteusantureiden käyttäytyminen betoniseinien kuivumisen seurannassa

Tuloskortissa esitetään tuloksia kapasitiivisten kosteusantureiden käyttäytymisestä betoniseinien kuivumisen seurannassa

Mittauksia tehtiin rinnakkain kahden eri tunnetun laitevalmistajan mittapäillä ja näiden eri suodatinvaihtoehdoilla

Koejärjestelyiden kautta vertaillaan myös kahta eri mittausmenetelmää kolmella eri lämmöneritelevyllä pinnoitetulla seinärakenteella

Koeseinät valettiin tammikuussa 2018 ja viimeiset mittaukset tehtiin heinäkuussa 2018



Betonirakenteisten sisäkuorielementtien kuivuminen: seurantamittaukset

Punnitukset/haihtunut kosteus:

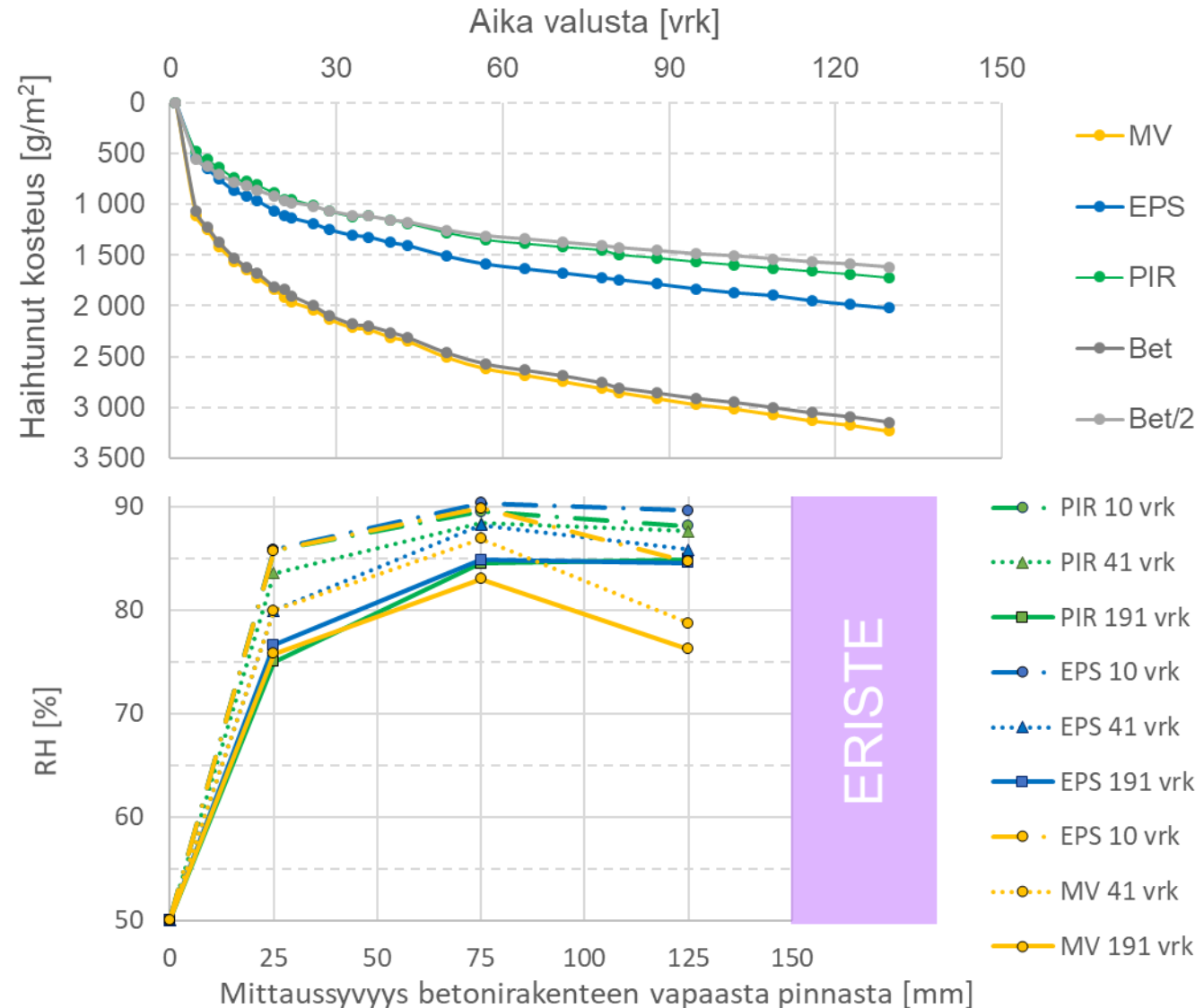
MV-koekappaleesta poistui kosteutta yhtä paljon kuin kahteen suuntaan kuivuvasta betonikoekappaleesta (Bet).

PIR-koekappaleesta poistui noin puolet kyseisestä vesimäärästä. EPS-koekappaleesta poistui kosteutta hieman nopeammin PIR-koekappaletta nopeammin.

Kosteusmittaukset/kosteusjakauma:

PIR- ja EPS-eristetyissä kosteusjakaumat ovat lähes identtiset. Kuivuminen tapahtuu pääosin yhteen suuntaan.

MV-eristetty myös kosteusmittausten perusteella selkeästi kahteen suuntaan kuivuva. Koekappale on kuivunut myös eristeen puolelta keskipistettä kuivemmaksi.



Betonirakenteisten sisäkuorielementtien kuivuminen: laskennalliset tarkastelut

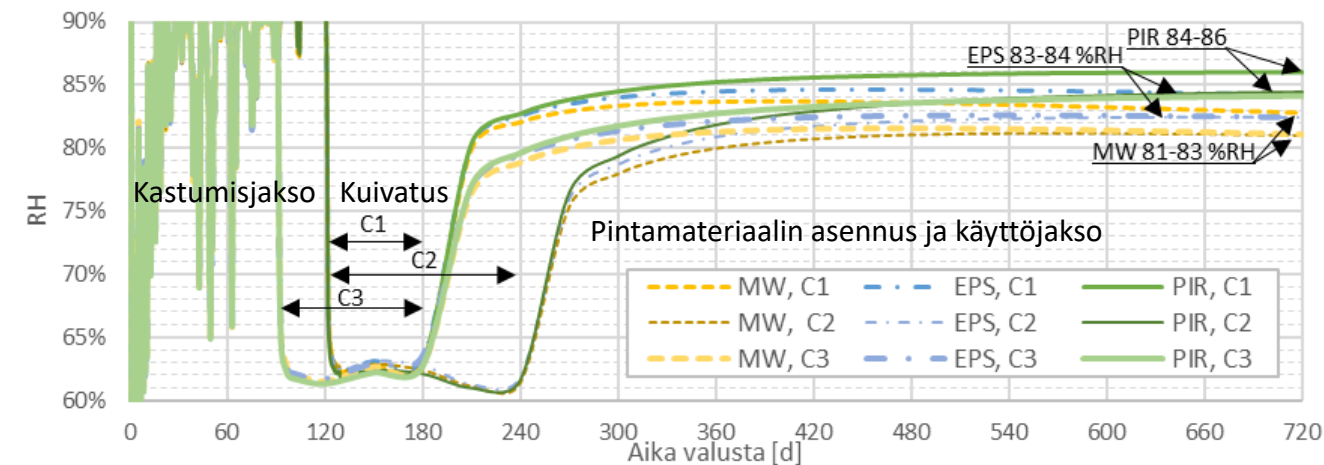
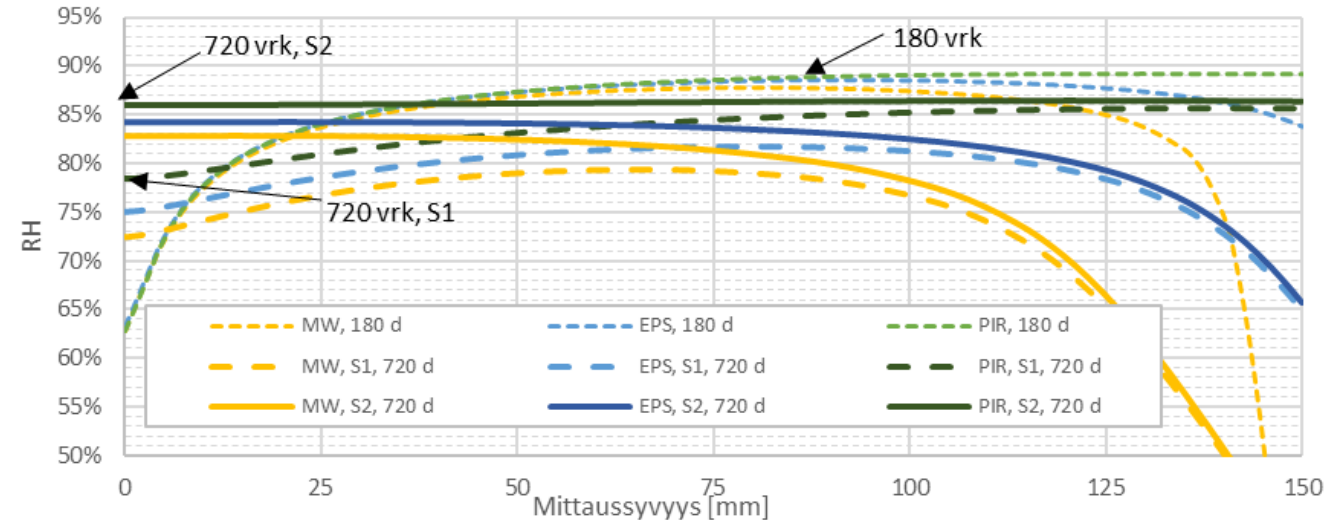
Kosteusjakauma:

Mikäli käytetään vesihöyrytiiviitä ja kosteusherkkiä pintamateriaaleja tai pintarakenteita, on suositeltavaa käyttää kosteusavointa ulkopuolista eristemateriaalia rakenteen kuivumiskyvyn varmistamiseksi; käytettäessä vesihöyrytiivistä eristettä, on sisäpuolisen pintamateriaalin oltava riittävän vesihöyryavoin rakenteen kuivumiskyvyn varmistamiseksi.

Kastumis- ja kuivumisjakson vaikutus:

Tarkastelu tehtiin tiiviillä pintamateriaalilla.

Rakenteen kastumisajan lyhentäminen on tehokkain tapa saavuttaa rakenteelle määritetty tavoitekosteus ja siten pintamateriaalin alle alhaisin kosteus lopputilanteessa.



Sisäisen konvektion vaikutus puhallusvillaeristeisissä yläpohjissa

Yläpohjakokeissa on tutkittu puhallusvillaeristeisiä yläpohjia.

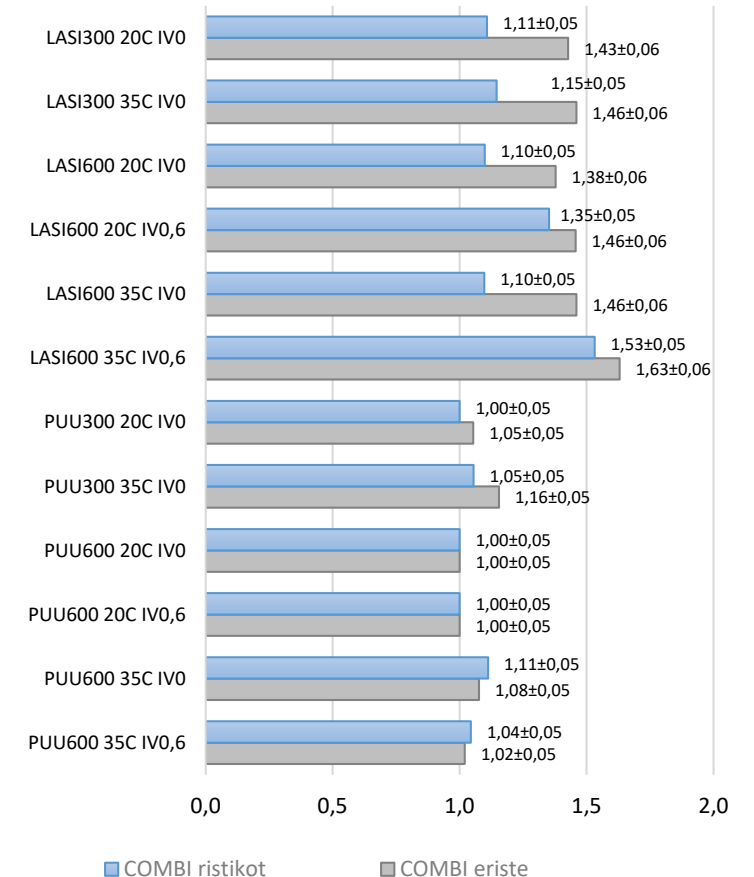
Muuttujina ovat olleet seuraavat suureet:

- Puhallusvillat: Puukuitu- ja lasipuhallusvilla
- Eristepaksuudet: 300 mm ja 600 mm
- Lämpötilaero: 20 °C ja 35 °C
- Tuuletusilmavirta:
 - 300 mm:n eristepaksuudella ~0 m/s
 - 600 mm: eristepaksuudella ~0 m/s ja ~0,6 m/s
- Kattoristikot: pelkkä eristekerros ja eristekerros + kattoristikot k900-jaolla

Sisäinen konvektio heikentää ilmaa läpäisevällä eristeellä eristetyn rakenteen lämmöneristävyyttä ja tietyissä tilanteissa kosteusteknistä toimintaa.

Puukuitueristeellä suurin yksittäinen sisäistä konvektiota kasvattava tekijä oli lämpötilaeron kasvattaminen. Lasipuhallusvillalla suurimmat yksittäisen muuttujan vaikutukset saatiin ilmavirtauksen kasvattamisella ja poistamalla kattoristikot.

Taulukossa on esitetty eri koevaiheissa saadut Nusseltin luvut, jotka kuvaavat sisäisen konvektion tapahtumista. Nusseltin luvun ollessa yli 1 rakenteessa tapahtuu sisäistä konvektiota. Koetilanteen nimessä on ilmoitettu eristeen tyyppi, mittauksessa käytetty lämpötilaero ja tuuletusilmavirran nopeus.



Uusien ja korjattujen palvelurakennusten paine-erot

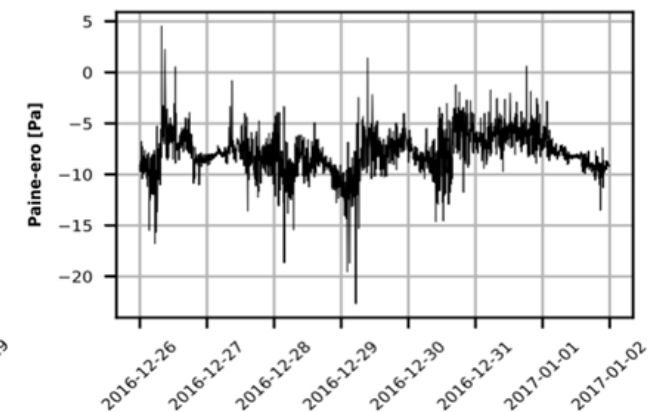
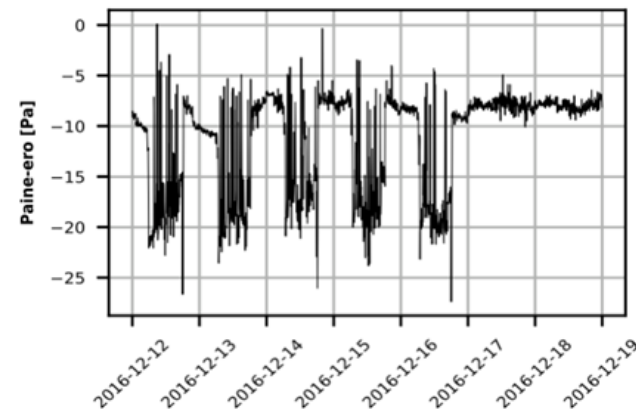
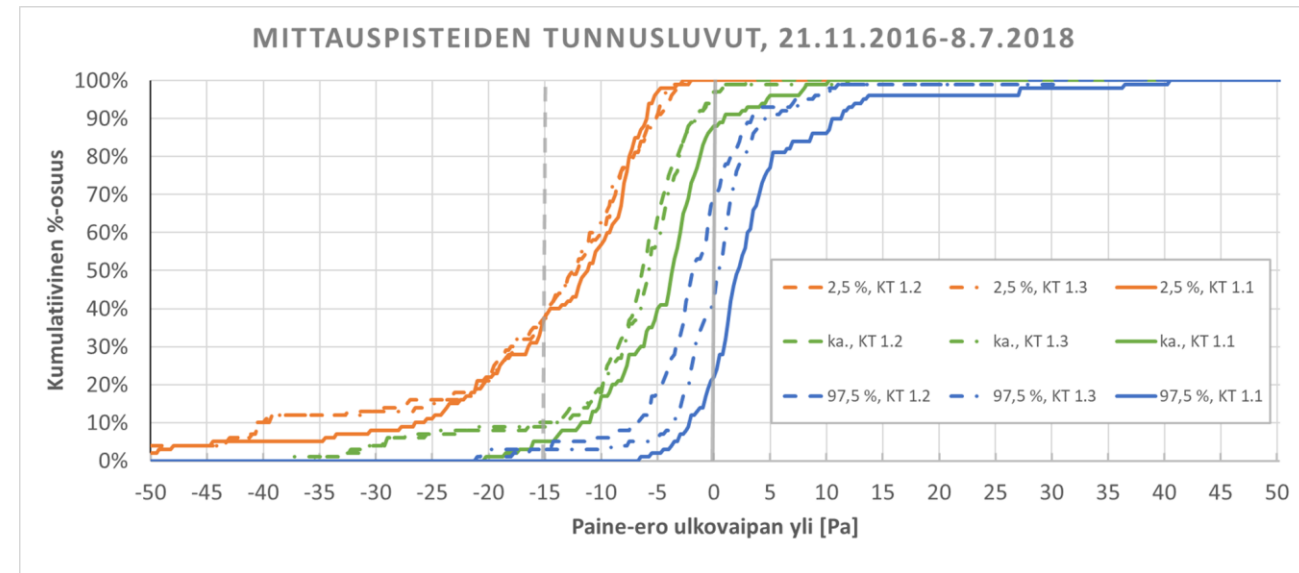
Tuloskortissa esitetään tuloksia uusien ja korjattujen palvelurakennusten paine-eroista ulkovaipan yli

Tutkittuja kohteita Pirkanmaan ja Helsingin seudulta oli yhteensä 24

Paine-eroja mitattiin 2016 syksystä kesään 2018 asti

Mittaustuloksia tarkasteltiin 21.11.2016-8.7.2018 väliseltä ajalta

Käyttö- ja lomakausien eroja tutkittiin talvikaudelta 2016-2017 ja kevät/kesäkaudelta 2018



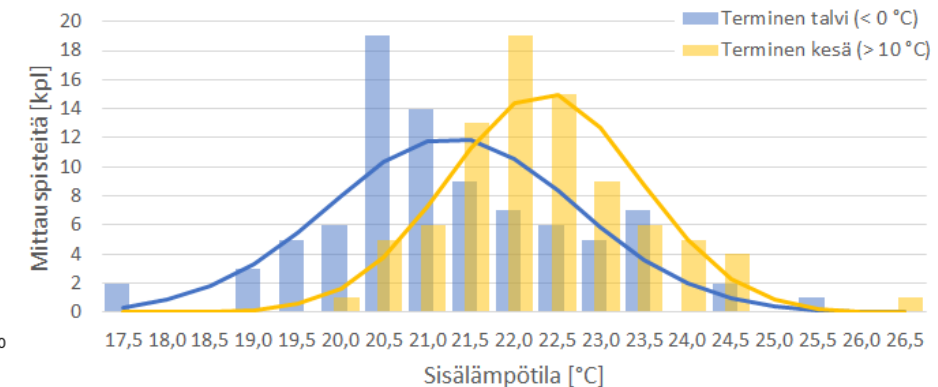
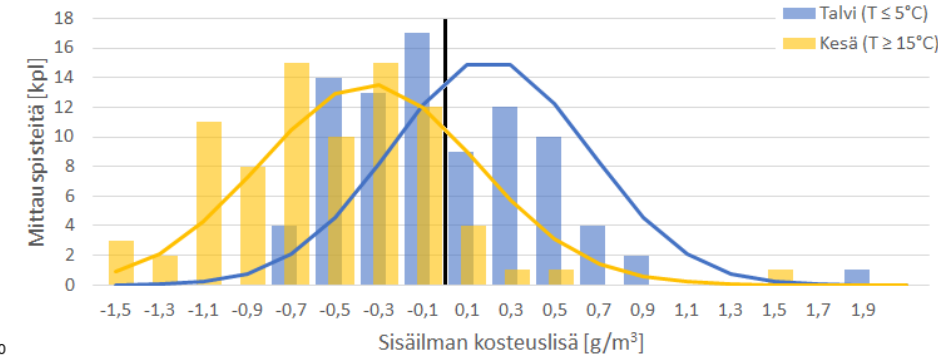
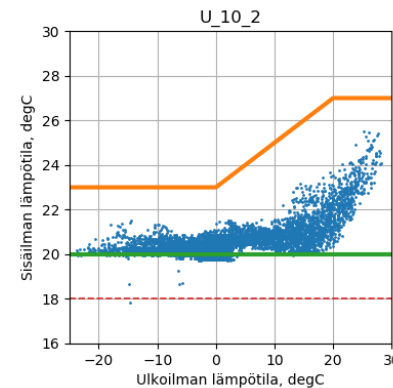
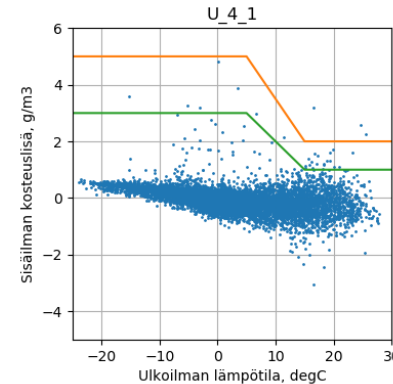
Sisäilman kosteuslisä ja lämpötilan sisäilmastoluokka kouluissa ja päiväkodeissa

Tuloskortissa esitetään tuloksia uusien ja korjattujen palvelurakennusten sisäilman kosteuslisästä ja sisäilmastoluokituksesta lämpötilan osalta

Tutkittuja kohteita Pirkanmaan ja Helsingin seudulta oli yhteensä 24

Sisäilman suhteellisen kosteuden ja lämpötilan ensimmäiset mittaukset aloitettiin heinäkuussa 2016 ja viimeiset päätettiin elokuussa 2018

Mittauksia suoritettiin kahden eri laitevalmistajan RH/T-mittareilla

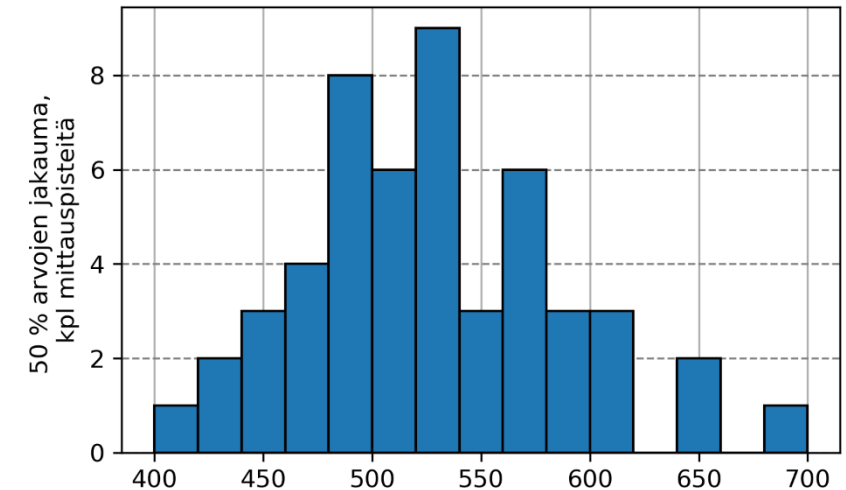
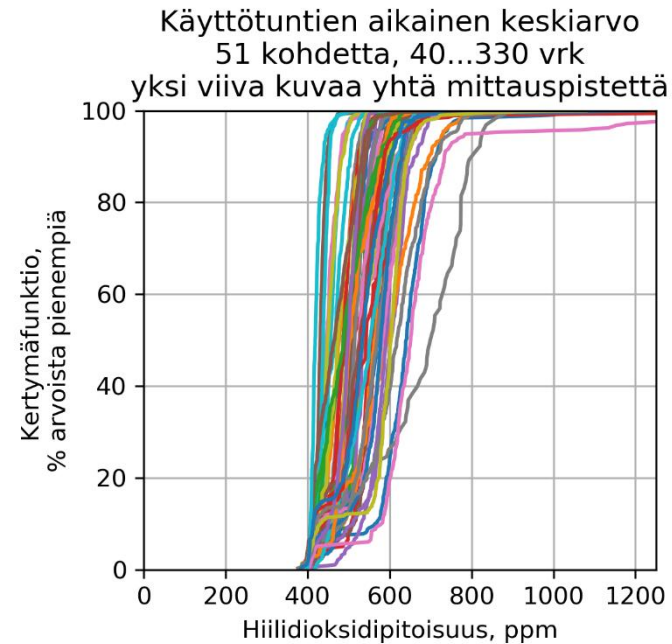


Sisäilman hiilidioksidipitoisuudet kouluissa ja päiväkodeissa

Jatkuvatoimiset hiilidioksidipitoisuuden mittaukset tulee muistaa tehdä riittävän tiheällä mittausvälillä (muutamia minutteja).

Hiilidioksidipitoisuuden käyttäytyminen eri käyttötarkoituksen mukaisissa tiloissa poikkeaa toisistaan.

Hiilidioksidipitoisuuden tyypillinen keskiarvo käyttötunneilla oli kouluissa ja päiväkodeissa 450–650 ppm (tunnittaiset mittaukset, alue vain vertailuaineistoksi, ei raja-arvojen täyttymisen arvioimiseksi).



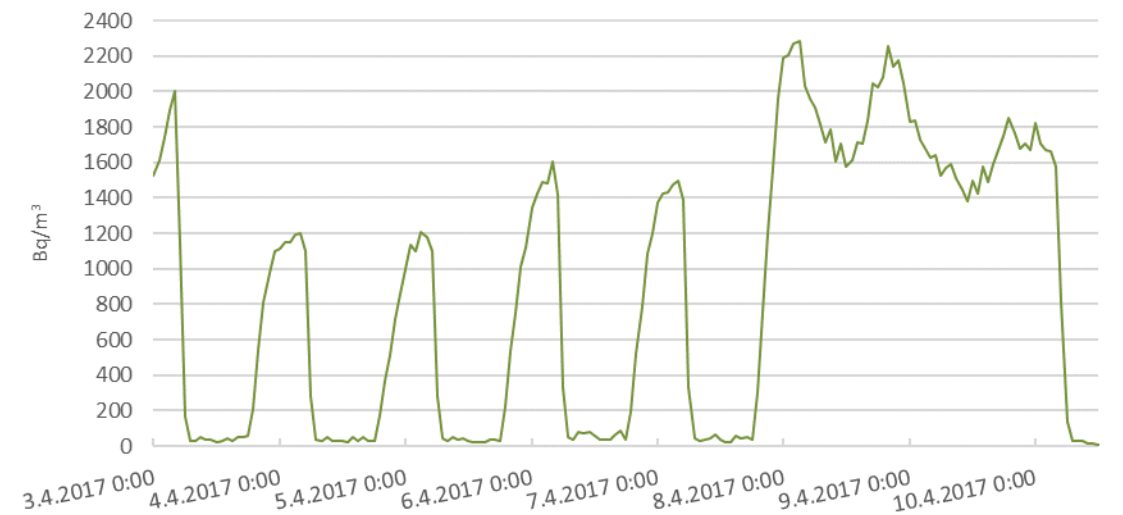
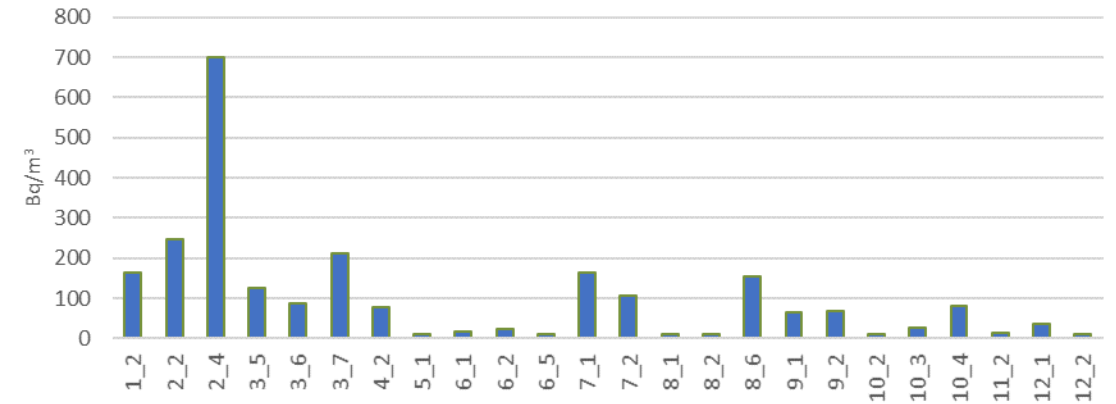
Sisäilman radonpitoisuudet palvelurakennuksissa

Tuloskortissa esitetään tuloksia uusien ja korjattujen palvelurakennuksista mitattuja radonpitoisuuksia

Tutkittuja kohteita Pirkanmaan ja Helsingin seudulta oli yhteensä 24

Radonia mitattiin marras-huhtikuussa 2016-2017 ja 2017-2018

Mittauksia suoritettiin radonpurkeilla ja dynaamisilla radonmittareilla



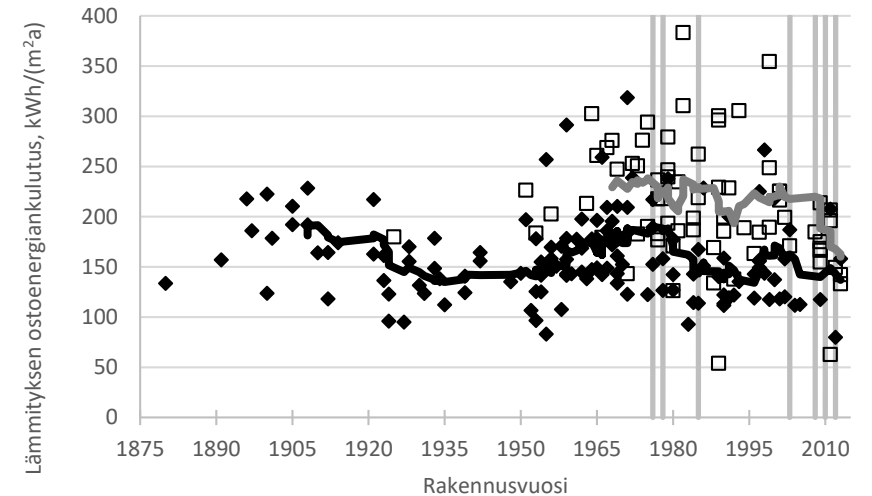
Koulujen ja päiväkotien energiankulutus Suomen rakennuskannassa

Energiankulutuksen vaihtelu olemassa olevien koulujen ja päiväkotien kesken on suurta.

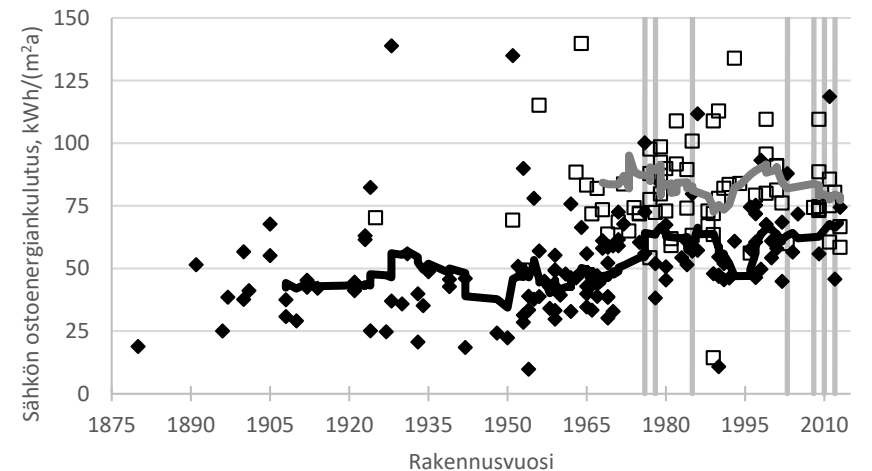
Koulujen ja päiväkotien lämpöenergiankulutus on laskenut vähemmän, kuin mitä energiatehokkuusmääräysten vaatimukset ovat muuttuneet.

Sähköä käytetään uudemmissa kouluissa enemmän kuin vanhoissa, mutta päiväkodeissa sähkönkulutus ei riipu rakennusvuodesta.

Lattiapinta-alan suuruusluokka olisi perusteltua ottaa huomioon energiatehokkuusvaatimuksissa myös koulujen ja päiväkotien osalta.



◆ Koulut (n = 134) □ Päiväkodit (n = 71)
— 10 vuoden liukuva k.a., koulut — 10 vuoden liukuva k.a., päiväkodit



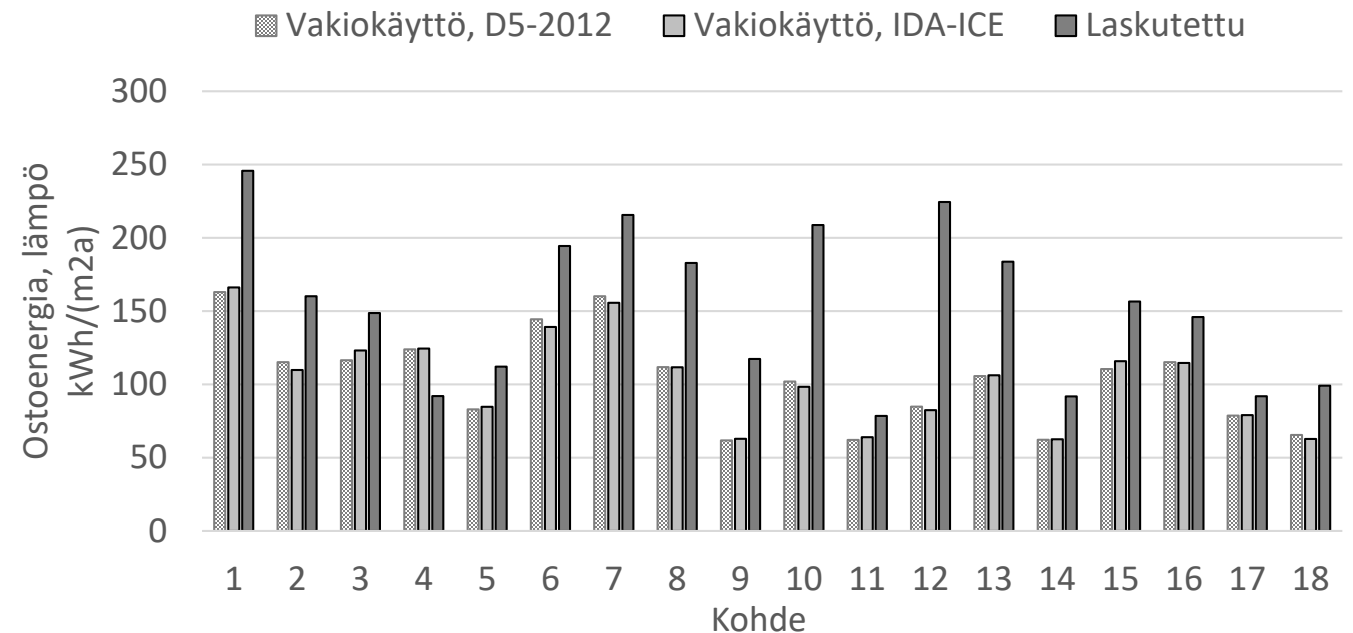
◆ Koulut (n = 134) □ Päiväkodit (n = 71)
— 10 vuoden liukuva k.a., koulut — 10 vuoden liukuva k.a., päiväkodit

Koulujen ja päiväkotien E-lukulaskennan mukainen ja toteutunut ostoenergiankulutus

Tutkimuksessa tarkastellun otoksen perusteella koulujen ja päiväkotien toteutunut ostoenergiankulutus on keskimäärin selvästi suurempi, kuin E-lukulaskennan (2012) mukainen ostoenergiankulutus.

Eroja oli erityisesti lämmön kulutuksessa, jossa toteutunut ostoenergiankulutus oli keskimäärin 50 % laskettua suurempi. Sähkön osalta vastaava luku oli 15 %.

Rakennusten energiankulutuksen laskennassa tulisi kiinnittää huomiota erityisesti lähtötietojen oikeellisuuteen.



Talouselaskennan peruseriaatteet

Jotta eri laskijoiden tekemiä talouselaskelmia pystyy vertaamaan ja hyödyntämään tehokkaasti, pitää noudattaa laskelmissa mielellään samoja peruseriaatteita. COMBIssa sovitut periaatteet ovat:

- Laskenta reaaliarvoilla (inflaatio ei mukana)
 - Kustannukset ilman alvia (ALV 0%)
 - Kustannusoptimalisuusperiaate. Tarkastelujakso 20 vuotta, käyttöikä 40 vuotta (oletettu peruserparannusväli)
 - Yleiskulut mukana kustannuksissa (ks. liite1)
 - Laskentakorko reaalinen 1...3...5 %. Perusarvo keskimmäisenä.
- Sähkön hinta erikseen siirron (teho) ja energian osalta (liite 1)
 - Sähköenergian ja siirron hinta Tampereen Sähkölaitoksen hintatason mukaan
 - Kaukolämpöenergian hinnat (energia kuukausittain ja vuosimaksu) Tampereen Kaukolämmön mukaan.
 - Vaikutukset tehoon ja energiaan tarkastellaan tarvittaessa erikseen
 - Energian ja siirron reaalin hintakehitys 0...2...4 %/vuosi (ks. liite 2)

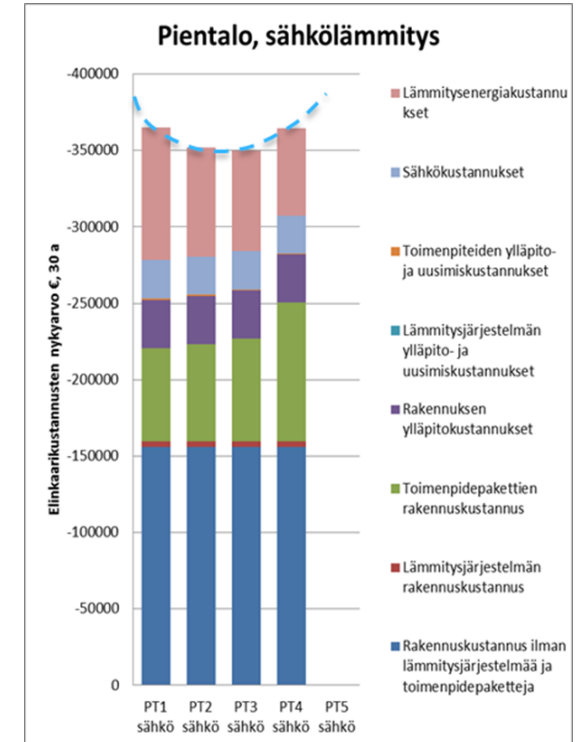
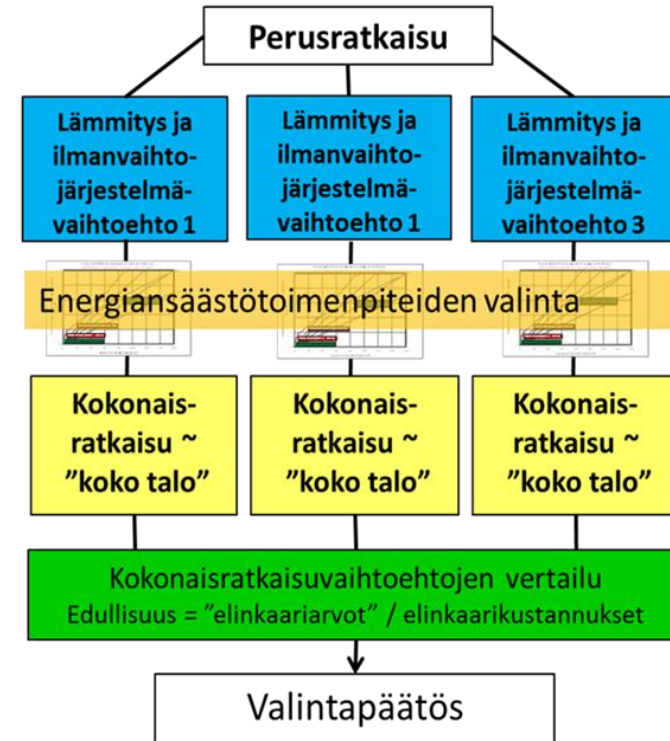
KOP COMBI kustannusoptimaalisuustyökalu

Kustannusoptimaalisuuslaskentaprosessin vaiheet:

1. Strategia ja tavoitteet
2. Valitaan tarkasteltavat järjestelmäkokonaisuudet
3. Valitaan tarkasteltavat energiansäästötoimenpiteet
4. Toimenpiteet järjestetään kannattavuusjärjestykseen järjestelmittäin yksinkertaisella laskentamenetelmällä
5. Valitaan järjestelmittäin toimenpidepaketit siten, että toimenpiteet ovat kannattavuudeltaan mahdollisimman samalla tasolla
6. Lasketaan toimenpidepakettien elinkaarikustannukset ohjeistetulla tavalla
7. Tehdään valinta ottaen huomioon arvotekijät

Prosessi kuvaa kehitettyä KOP COMBI taulukkolaskentasovellusta.

Monitavoiteoptimointiohjelmistot hoitavat automaattisesti kohdat 4 ja 5.



Kustannusoptimaaliset lämmitys ja jäähdytysratkaisut palvelurakennuksissa

- Tutkituissa uudiskohteissa kustannustehokkain lämmitys- ja jäähdytysratkaisu oli sähköisellä apulämmityksellä varustettu maalämpöpumppu ja maalämpöpumpun porakaivoja hyödyntävä vapaajäähdytys
- Saneerauskohdetta edustavan vanhainkodin kustannustehokkain ratkaisu oli sähköisellä apulämmityksellä varustettu ilma-vesilämpöpumppu ja vesilauhdutteisella kompressorikylmälaitteella toteutettu jäähdytys
- Ilma-vesilämpöpumppu oli kustannustehokkaampi lämmitysratkaisu vanhainkodissa kuin maalämpöpumppu selvästi pienemmän investointikustannuksen vuoksi
- Kun kustannus- ja energiatehokkuutta tarkastellaan kiinteistön omistajan näkökulmasta, kannattaisi lämpöpumppu mitoittaa tutkitun päiväkodin kaltaisessa rakennuksessa, jonka käyttö on varsin jaksottaista ajoittuen vain arkipäiviin, huomattavastikin pienemmäksi kuin nykyisin suositellaan
- Suomen energiajärjestelmän näkökulmasta tämä saattaa kuitenkin olla pulmallista, koska alimitoitettut lämpöpumput voivat lisätä talviaikaan tehonkulutuksen piikkejä, mikäli lämpöpumppua ei ole varustettu älykkäällä kysyntäjousto-ohjauksella ja riittävän suureksi mitoitettulla varaajalla

Aurinkosähkö kannattaa etenkin vanhainkodeissa

- Verrattuna kesällä kiinni oleviin palvelurakennuksiin, aurinkosähkön tuotanto on taloudellisesti kannattavampaa ympärivuotisesti käytössä olevissa palvelurakennuksissa, kuten vanhainkodeissa, joissa suurempi osa kesäaikaan tuotetusta sähköstä voidaan käyttää paikan päällä
- Rakennuksen käyttöaikojen lisäksi aurinkosähkön kannattavuuteen vaikuttaa rakennuksen lämmitystapa: aurinkosähkön tuotanto oli kannattavampaa yhdistää lämpöpumppuratkaisuun kuin kaukolämpöön
- Suurin aurinkosähköjärjestelmällä saavutettu taloudellinen voitto:
 - Lämpöpumpulla lämmitetyssä vanhainkodissa 3,6 €/lattia-m² tai 37 €/PV-m² paneelialalla, joka vastaa 10 % kohteen lämmitettyä nettoalaa
 - Kaukolämmitetyssä vanhainkodissa 2,7 €/lattia-m² tai 35 €/PV-m² paneelialalla, joka vastaa 8 % kohteen lämmitettyä nettoalaa
- Aurinkosähköjärjestelmän mitoituksessa on syytä ottaa myös huomioon koko kiinteistön sähkönkulutus, sen sijaan, että otettaisiin huomioon vain rakennuksen sisätiloissa toteutuva sähkönkulutus
- Aurinkosähkön asennus ja sen vaatima suuri kattopinta-ala tulee ottaa huomioon jo uusien palvelurakennusten suunnitteluvaiheessa

Kustannusoptimaaliset suunnitteluratkaisut palvelurakennuksissa

Uudiskohde (päiväkoti)

- Suositeltavia investointeja kaikissa kustannusoptimaalisissa ratkaisuissa riippumatta tavoiteltavasta energiankulutustasosta olivat:
 - Aurinkosähkö- ja aurinkolämpöjärjestelmien asentaminen
 - Ilmanvaihdon tarpeenmukainen CO₂-ohjaus ja erillispoistojen lämmöntalteenotto
 - Valaistuksen läsnäolo-, päivänvalo-, ja vakiovalo-ohjauksen asentaminen
 - Energiatehokkaiden ikkunoiden asentaminen
- Rakennuksen vaipan lämmöneristäminen Suomen rakentamismääräysten vertailutasoa paremmaksi ei ollut tutkituista vaihtoehdoista kustannustehokkain tapa pienentää rakennuksen energiankulutusta

Saneerauskohde (vanhainkoti)

- Suositeltavia investointeja kaikissa kustannusoptimaalisissa ratkaisuissa riippumatta tavoiteltavasta energiankulutustasosta olivat:
 - Aurinkosähkö- ja aurinkolämpöjärjestelmien asentaminen
 - Yläpohjan lisälämmöneristäminen
 - Vanhojen ikkunoiden korvaaminen uusilla energiatehokkailla ikkunoilla
 - Lämmöntalteenotolla varustetun koneellisen tulo- ja poisto IV-järjestelmän asentaminen koneellisen poisto IV-järjestelmän tilalle
 - Valaistuksen läsnäolo-, päivänvalo-, ja vakiovalo-ohjauksen asentaminen
- Ulkoseinien lisälämmöneristäminen alkuperäistä tasoa paremmaksi ei ollut tutkituista vaihtoehdoista kustannustehokkain tapa pienentää rakennuksen energiankulutusta

Paikallistuotannon keskittäminen kannattaa vain poikkeustapauksissa

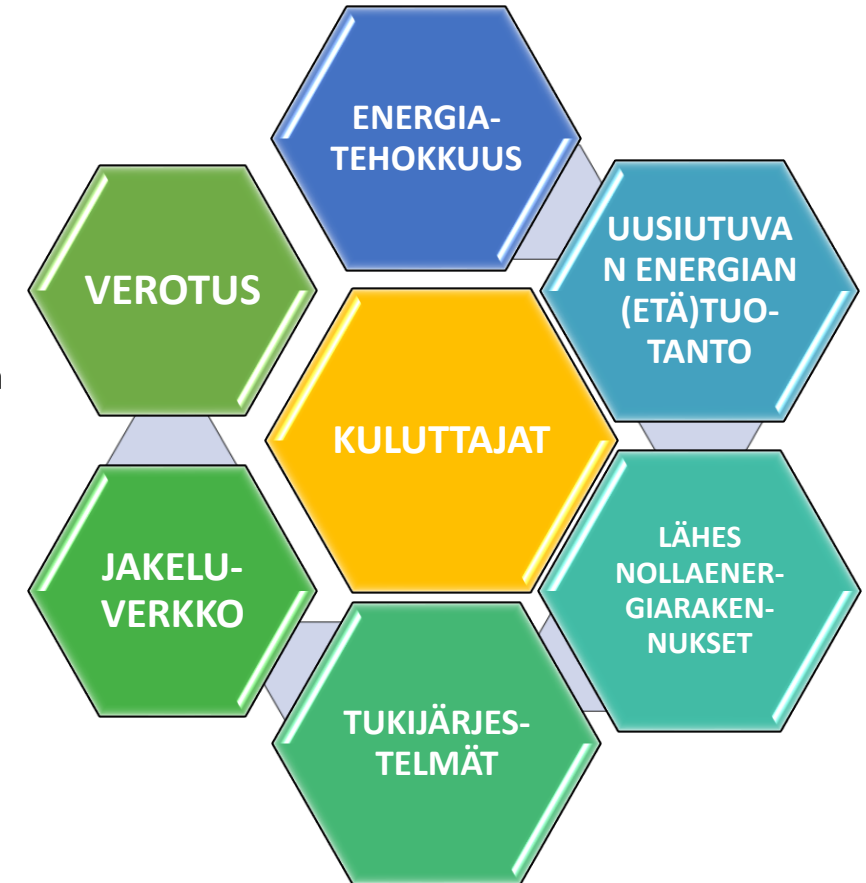
- Paikallisella tuotannolla voidaan saavuttaa lukuisia etuja ja säästöjä, mutta sen onnistunut hyödyntäminen vaatii huolellista taustatyötä – esimerkiksi sähkön tuottamisen kiinteistökohtaisilla aurinkopaneeleilla voidaan saada kannattavaksi Helsingissä ja Tampereella
- Aurinkosähköpaneelit tulee aina mitoittaa käyttökohteen oman tarpeen mukaisesti, koska tuotantokustannuksissa ei helposti päästä niin alas, että tuotetun sähkön siirtäminen siirtoverkon kautta eri kiinteistöjen välillä olisi loppukäyttäjälle kannattavaa
- Mikäli oman tuotannon sijainti kunnan omistaman kiinteistön ulkopuolella sallittaisiin, olisi korvamerkityn keskitetyn tuulienergian hyödyntäminen osana rakennusten omaa energiantuotantoa edullinen tapa toteuttaa omaa uusiutuvaa tuotantoa
- Suomessa olisi tyypillisesti energiajärjestelmän näkökulmasta tehokkaampaa, että erillisiin kiinteistöihin rakennettavien uusiutuvan sähköntuotannon ratkaisujen sijaan vastaavat taloudelliset panokset keskitettäisiin suuriin tuulivoimalaitoksiin esimerkiksi omistusosuuksien kautta

UUSIUTUVAN ENERGIAN ETÄTUOTANTO

“Lähellä tuotettava uusiutuvasta lähteistä peräsin oleva energia”

Kiinteistön ulkopuolisen omatuotannon hyödyntämismahdollisuus energiatehokkuusvaatimusten näkökulmasta

- Sääntely:
 - Suomessa sähkön ja lämmön osalta lainsäädäntö ja muu sääntely on hyvin erilaista ja eri laajuista
 - EU:n energiasstrategiassa rakennusten energiatehokkuuden parantaminen olennainen osa
 - Energiatehokkuus etusijalla
 - Kuluttajat ja kysynnän hillintä keskiössä
- Taloudellisen kannattavuuden kolme keskeistä komponenttia:
 - SÄHKÖ
 - E-luvun soveltamisen taseraja
 - etätuotannon arvonlisäverokohtelu sekä valmistevero ja huoltovarmuusmaksu
 - LÄMPÖENERGIA
 - taseraja on merkityksellinen
- Energiaverotusta muuttamalla voidaan edistää pientuotantoinvestointeja ja lisätä uusiutuvaa energiantuotantoa



RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄT

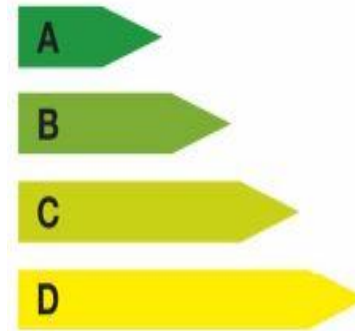
Uusissa palvelurakennuksissa käytettävät automaatiojärjestelmät mahdollistavat älykkyyden, tarpeenmukaisuuden ja seurannan lisäämisen. Lähtökohta älykkään ja tarpeenmukaisen ohjauksen lisäämiselle on kuitenkin valaistus-, ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmien suunnitteleminen siten, että olosuhteiden säätäminen pienissäkin kokonaisuuksissa onnistuu.

1. Uusissa palvelurakennuksissa käytettävien automaatiojärjestelmien taso on korkea ja on odotettavissa, että jatkossa rakennuksista saatavan tiedon käsittelyyn ja jalostamiseen tullaan kehittämään entistä enemmän palveluita. Tämä tulee lisäämään mahdollisuuksia kehittyneiden säätömenetelmien hyödyntämiseen.

2. Kehittyneiden menetelmien käyttöönotto edellyttää kuitenkin automaatiolle ja mittauksille asetettavien tavoitteiden entistä tarkempaa määrittelyä entistä aikaisemmassa vaiheessa.

Automaatiosuunnittelijan tulee olla hankkeen alusta lähtien mukana tasavertaisena suunnittelijana muiden suunnittelijoiden rinnalla. Entistä monipuolisemmat automaatiomahdollisuudet edellyttävät erityissuunnittelijoilta, valvojilta ja käyttäjiltä osaamisen päivittämistä. Etenkin järjestelmien tilaajilta edellytetään osaamisen lisäämistä.

Hyvä energiatehokkuus



Huono energiatehokkuus

Luokkia vastaavat automaatiotasot

Luokka A: talotekniikan hallintajärjestelmä

Luokka B: rakennuksen automaatiojärjestelmä

Luokka C: automaattiset säätö- ja ohjaustoiminnot

Luokka D: manuaalinen käyttö

Standardissa SFS-EN 15232 määritelty tasoluokitus.
(Ympäristöministeriö, 2012. Rakennusten automaation vaikutus energiatehokkuuteen)

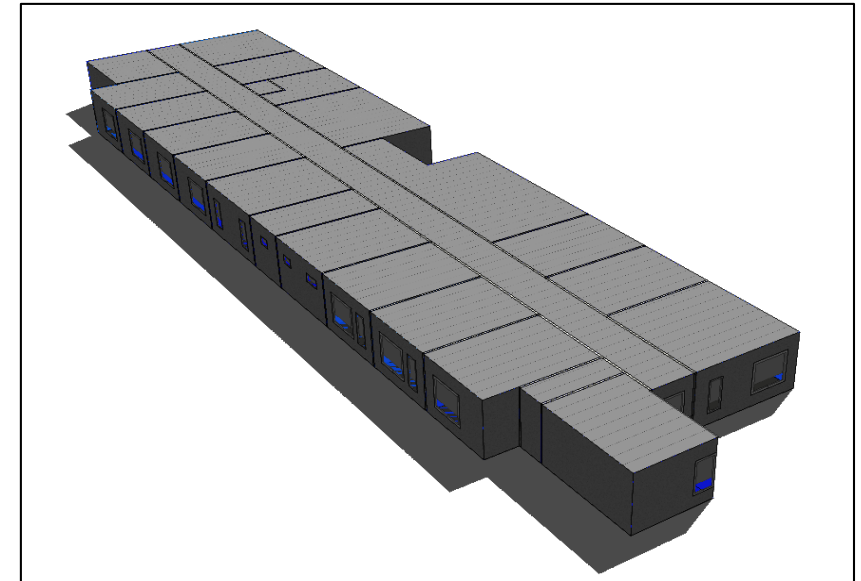
Verhojen ja kaihtimien vaikutus rakennuksen energiatehokkuuteen, CASE palvelutalo

Auringonsäteilyllä on oleellinen vaikutus rakennuksen valaistus-, lämmitys- ja jäähdytysenergian kulutukseen. Lisäksi luonnonvalon merkitys ihmisen hyvinvoinnille on merkittävä. Varsinkin rakennuksissa, joissa oleskellaan pitkiä aikoja sisätiloissa, tulisi luonnonvalon hyödyntämistä korostaa.

CASE-tutkimuksessa tarkasteltiin mallinnukseen perustuen auringonsäteilyn vaikutuksia palvelutalon lämmitys- jäähdytys- ja valaistusenergiaan, kun käytetään suojaamattomia tai screen-verhoilla tai kaihtimilla suojattuja ikkunoita ilman ohjauksia tai erilaisilla ohjauksilla. Tarkasteltu rakennus on työpaketin WP2-tutkimuksissa käytetty palvelutalon tyyppimalli I.

CASE-tutkimuksen päätulokset yleisellä tasolla:

- *Kokonaisenergiankulutuksen optimoimiseksi ei ikkunoihin kannattaisi välttämättä asentaa sälekaihtimia tai sisäpuolisia verhoja.*
- *Verhot tai kaihtimet tarvitaan häikäisyuojauksen vuoksi, mutta koska niiden käyttö julkisissa rakennuksissa on puutteellista, on automatisointi järkevää.*



Kuva. Palvelutalon tyyppimalli I

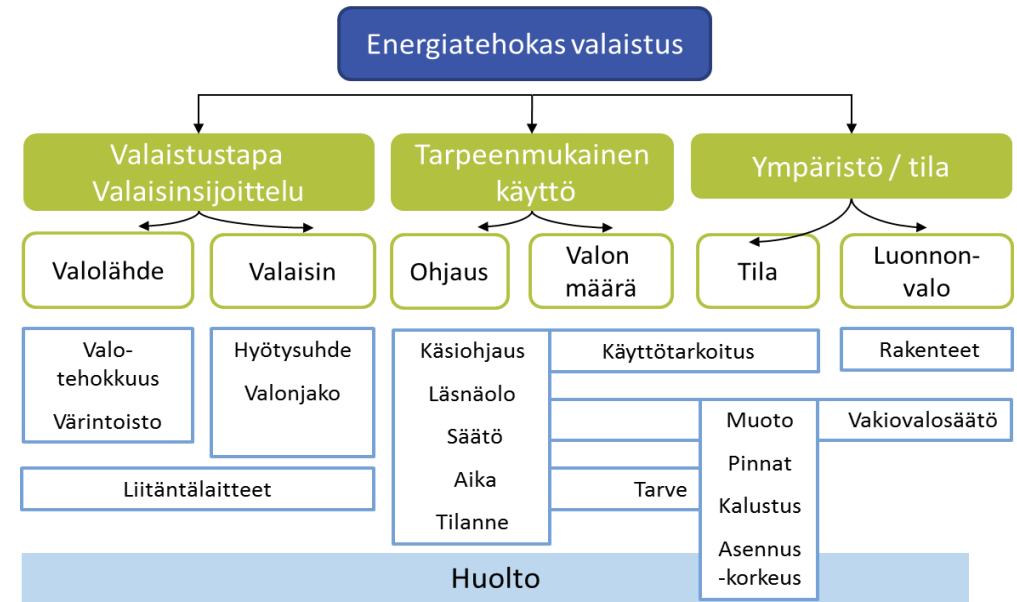
Energiatehokas valaistus valo-olosuhteen laatua unohtamatta

Tuloskortin tavoitteena on esitellä valaistuksen energiatehokkuuteen vaikuttavat tekijät ja merkittävimmät energiatehokkuuteen vaikuttavat ongelmakohdat nykyisissä valaistusratkaisuissa palvelurakennuksiin keskittyen.

Tutkittiin valaisimien sijoittelun ja valaistuksen ohjauksen vaikutuksia valaistuksen energiatehokkuuteen.

Päätulokset yleisellä tasolla:

- *Työpistekohtaisen valaistuksen käyttäminen on aina energiatehokkainta.*
- *Yleisvalaistuksen energiatehokkuutta voidaan parantaa merkittävästi tilanneohjauksilla.*
- *Vaadittujen valaistusvoimakkuuksien huolellinen, standardinmukainen suunnittelu on tärkeää, koska alimitoitus heikentää työergonomiaa ja ylimitoitus nostaa energiankulutusta.*



Kuva. Valaistuksen energiatehokkuuteen vaikuttavat tekijät

Korjata vai purkaa?

Vaihtoehtojen määrittäminen sisäilmaongelmaiselle koulurakennukselle:

- Korjaus: kevyt, keskiraskas, raskas
- Purku ja uusi rakennus
- Näkökulmat
 - Toiminnallinen tarkastelu
 - Tekninen tarkastelu
 - Taloudellinen tarkastelu
- Muita näkökulmia
 - energiatehokkuus,
 - sisäilmasto
 - riskit



Työryhmä Tampereen yliopisto: Ulrika Uotila, Olli Teriö, Tero Marttila, Malin Moisio

Energiakortti

Energiakorttiin kirjataan numeeriset tavoitteet energiatehokkuuden ja sisäilman laadun avainlukuille.

Energiakortissa esitetään keskeiset numeeriset tavoiteluvut, joiden laskentaperusteet ovat tarkoituksenmukaiset ja yksiselitteiset. Rakennuksen käyttöönoton jälkeen energiakortin avulla voidaan todentaa hankkeen tavoitteiden saavuttamisen aste.

Energiakortti yhdistettynä toimivuustarkastukseen vastaa myös kysymykseen käytetäänkö rakennusta energiatehokkaasti. Vastaus saadaan systemaattisella tehotarkastelulla.

Energiakortin vahvuuksia ovat yksiselitteiset numeeriset tavoiteluvut, joiden laskentaperusteet esitetään taulukkolaskentaohjelman solujen kommenttikentissä.

Combi energiakortti - toimivuuden tarkastelu ver.2.1 - Luonnos 16.8.2016

| Perustiedot | Kohde | 5 ryhmän päiväkoti, Tampere | | |
|-------------|------------------------------------|-----------------------------|----------------|--|
| | Rakennustyyppi | Päiväkoti | | |
| | Tilavuus (RH1-lomake) | 6450 | m ³ | |
| | Rakennuksen kokonaisala | 1603 | m ² | |
| | Lämmin nettoala A _{netto} | 1456 | m ² | |
| | Sisäilmaluokka | S2 | | |

| Toimivuuden tarkastelu | Toimivuuden tarkastelu PVM | 25.2.2016 | | |
|------------------------|------------------------------|-------------|------------|---------|
| | | Suunniteltu | Toteutunut | Yksikkö |
| | Ulkolämpötila | 1,2 | 1,2 | °C |
| | Sisälämpötila, lämmityskausi | 21 | 22,5 | °C |
| | Lämpötilaero suunniteltu | 19,8 | 21,3 | °C |
| | Henkilömäärä | 120 | 80 | |
| | Lämpökuorma ihmiset | 9 | 6 | kW |
| | Valaistuksen käyttöaste % | 100 | 75 | % |
| | Ilmativeysluku | | 0,34 | |
| | LTO hyötysuhde | 70 | 55,0 | % |

| Lämmitys ja ilmanvaihto | Ilmanvaihto, poistoilmamäärä | 3,7 | 3,5 | m ³ /s |
|-------------------------|----------------------------------|---|-------------|-------------------|
| | | Ilmanvaihto, erillispoistojen ilmamäärä | | 0,8 |
| | Lämmitysteho, ilmanvaihto | 28,3 | 42,9 | kW |
| | Vaipan ominaislämpöhäviö kerroin | 0,416 | 0,416 | kW/K |
| | Vaipan lämmön kulutus | 8,2 | 8,9 | kW |
| | Vaippa + Ilmanvaihto | 36,6 | 51,7 | kW |
| | Lämmin käyttövesi | | 6 | kW |

| Sähkön käyttö | Ilmanvaihtokoneiden sähköteho | 5 | 5 | kW |
|---------------|--|----------------------------|-------------|-----------|
| | | Erillispoistojen sähköteho | 1 | 1 |
| | Lämmönkehitys ja lämmönjakelu (kiertovesipumput yms) | 1 | 1 | kW |
| | Valaistus (suunniteltu = max) | 15,17 | 11,4 | kW |
| | Keittiökoneet ja muut tuotantolaitteet | 5 | 5 | kW |
| | Jäähdytys | | | |
| | Pohjateho kW | | | kW |
| | Sähkö yhteensä | 27,2 | 23,4 | kW |

| Lämpökuormat | Lämpökuorma ihmisistä | 9 | 6 | kW |
|--------------|-------------------------------|-------------------|-------------|-----------|
| | | Kiinteistöenergia | 3 | 4,8 |
| | Valaistus | 10,6 | 8,0 | kW |
| | Auringon säteily ikkunoista | | 0 | kW |
| | Säkölaitteet | | | kW |
| | Ilmaisenergia yhteensä | 22,6 | 18,8 | kW |

| Yhteenveto | Laskennallinen ostoenergian teho | 41,1 | 56,3 | kW |
|------------|---------------------------------------|--|-----------|-----------|
| | | Kaukolämpö - teho mitattu (tuntikeskiarvo) | | 30 |
| | Sähkö - teho mitattu (tuntikeskiarvo) | | 30 | kW |
| | Mitattu teho yhteensä | 41,1 | 60 | kW |

TALOTEKNIIKAN TOIMIVUUSTARKASTELU JA TOIMIVUUSTARKASTUSKORTTI

Toimivuustarkastelut tehdään vasta toimintakokeiden, vastaanotto- ja takuutarkastuksen jälkeen. Ainoastaan toimiviksi saatetuilta ja todennetuilta sekä toimivina pidetyiltä ratkaisuilta voidaan odottaa energiatehokkuutta koko rakennuksen elinkaaren aikana.

1. Katselmoinnissa kertyneistä tiedoista ja ehdotuksista kannattaa laatia yksiselitteiset dokumentit selvine parannus- ja korjausehdotuksineen sekä aikatauluineen. **Tekninen henkilökunta tarvitsee selvitystyöstä tehdyn teknisen selostuksen perusteluineen ja kustannusvaikutuksineen.**

2. **Ei-ammattilaisille päättäjille ja käyttäjille** laaditaan lisäksi arviointiasteikolla varustettu yksinkertainen nykykokonaiskuvan kertova em. selvitysraporttiin linkittyvä viestintäasiakirja = **toimivuustarkastuskortti**: Tämä on tilanne nyt – osa asioista on hyvin ja osa ei! Korttiin kirjataan toimivuustarkastelussa esiin tulleet keskeiset asiat esim. väittämämuodossa ja arvioija ilmaisee asteikolla 1-5, kuinka hyvin väittämä pitää paikkansa.

Osakopio **TOIMIVUUSTARKASTUSKORTISTA**:

| Kohdekiinteistö: | Arvioija, Yritys/hlö: | | | | | pvm: |
|--|-----------------------|---|---|---|---------------------|-------------------------------|
| <i>Väittämät eri osapuolille ja toimivuustarkastusarvio</i> | täysin eri mieltä | | | | täysin samaa mieltä | Tarketietoa ja muistion kohta |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| KÄYTTÄJIEN HAASTATELU | | | | | | |
| Käyttäjät ovat tyytyväisiä tilojen olosuhteisiin | | | | X | | |
| Käyttäjät ovat tyytyväisiä kiinteistöhoiton tasoon | | | | | X | |
| Käyttäjät on perehdytetty talotekniikan käyttöön | | | | X | | |
| Käyttäjät on perehdytetty energiatehokkaaseen käyttötapaan | | | | | X | |
| Tiedonkulku huoltomiehen ja käyttäjien välillä toimii hyvin | | | | | X | |
| Käyttäjät pystyvät ja vaikuttavat tilojen lämpötilaan | | | | | X | |
| Käyttäjät pystyvät ja vaikuttavat tilojen ilmanvaihtoon | | | X | | | |
| Olosuhteiden tavoitearvot ovat käyttäjillä tiedossa | X | | | | | |
| HUOLTOHENKILÖKUNNAN HAASTATELU | | | | | | |
| Huoltohenkilökunnan perehdytys on onnistunut | X | | | | | |
| Huoltohenkilökunnan kokemus ja koulutus on riittävä | | | X | | | |
| Huoltohenkilökunnalle on varattu riittävästi aikaa kohteissa | | | | | X | |
| Huoltohenkilökunta tarttuu korjaustarpeisiin nopeasti | | | | | X | |
| Tehdyt laitteistojen ym. huollot kirjataan ylös | X | | | | | |
| Olosuhteiden tavoitearvot ovat huoltomiehellä tiedossa | X | | | | | |
| SIIVOUKSHENKILÖKUNNAN HAASTATELU | | | | | | |
| Siivoukshenkilökunnan perehdytys on onnistunut | | | | X | | |
| Siivoukshenkilökunnan kokemus ja koulutus on riittävä | | | | X | | |
| Siivoukshenkilökunnalle on varattu riittävästi aikaa kohteissa | | | | | X | |
| Siivoukshenkilökunta kertoo korjaustarpeista huoltohenkilökunnalle | | | | | X | |
| Siivoukselle asetetun laatu- ja toteutumista seurataan | | | | | X | |
| Taloteknisiä laitteita puhdistetaan riittävän usein | | | | X | | |
| Siivoukshenkilöt halukkaita laajentamaan työnsä olosuhteseurantaan | | | | | X | |

OLOSUHDEMITTAUKSET

Riittävän kattavalla olosuhteiden mittaamisella mahdollistetaan olosuhteiden pysyvyyden varmistaminen ja energiatehokkuustoimien olosuhdevaikutusten tarkkaileminen. Tällöin olosuhteiden mittaamisesta hyötyvät sekä rakennuksen omistaja, että käyttäjä. Rakennushankkeen alkuvaiheessa tulisi kiinnittää aiempaa enemmän huomiota mittauksille asetettujen tavoitteiden selkeälle määrittelylle

1. Rakennushankkeen alkuvaiheessa tulisi kiinnittää aiempaa enemmän huomiota mittauksille asetettujen tavoitteiden selkeälle määrittelylle, jolloin kaikilla hankkeen osapuolilla olisi selkeä ja yhdenmukainen käsitys siitä, missä laajuudessa olosuhteita on tarkoitus seurata kiinteistön käyttö- ja ylläpitovaiheessa.

2. Tavoitteen asettelussa voi hyödyntää työkalua, jonka avulla käydään läpi tilakohtaisesti mitä olosuhteita halutaan seurata ja missä laajuudessa.

ESIMERKKI 1. KOULUT JA PÄIVÄKODIT

| Mitattava olosuhde | Hyödynnettävyys | Mittaus toteutetaan | HUOM |
|--|--|---------------------|--------------|
| Lämpötila | | | |
| TE Tuulikaapit | oviverhokojien ohjaus, HUOM liitettävä rakennusautomaatioon | X | |
| TE Märkätilat | lattialämmityksen tms. ohjaus | X | 50% tiloista |
| TE Luokka-, lepo- ja leikkihuoneet, huoneistot | Käyttäjäpalautteen ja oikeiden lämpöolosuhteiden todentaminen, lämmityksen ohjaus, toissijainen IMS ohjaus | X | |
| TE Ruokailutilat ja salit | Käyttäjäpalautteen ja oikeiden lämpöolosuhteiden todentaminen, lämmityksen ohjaus, toissijainen IMS ohjaus | X | |
| TE Eteiset ja aulat | Käyttäjäpalautteen ja oikeiden lämpöolosuhteiden todentaminen, lämmityksen ohjaus, toissijainen IMS ohjaus | X | |
| TE Käytävät | Käyttäjäpalautteen ja oikeiden lämpöolosuhteiden todentaminen, lämmityksen ohjaus, toissijainen IMS ohjaus | | |
| TE Rakenteet | Rakenteiden lämpöolosuhteiden todentaminen ja nopea reagointi | | |
| Hiilidioksidi | | | |
| QE Luokka-, lepo- ja leikkihuoneet, huoneistot | Riittävän ilmanvaihdon saavuttaminen, ensisijainen IMS ohjaus | X | |
| QE Ruokailutilat ja salit | Riittävän ilmanvaihdon saavuttaminen, ensisijainen IMS ohjaus | X | |
| QE Eteiset ja aulat | Riittävän ilmanvaihdon saavuttaminen, ensisijainen IMS ohjaus | | |
| QE käytävät | Riittävän ilmanvaihdon saavuttaminen, ensisijainen IMS ohjaus | | |

Osana COMBI-hanketta laadittiin työkalu helpottamaan olosuhteiden mittaamiselle asetettavia tavoitteita.

SÄHKÖTEHO JA -ENERGIAMITTAUKSET

Entistä tarkemmalla sähkötehon ja –energian mittaamisella saavutetaan useita etuja. Kun tiedetään mihin energia oikeasti kuluu voidaan johtaa rakennuksen käyttöä tiedolla ja kohdistaa energiatehokkuustoimenpiteet merkityksellisiin järjestelmiin. Kattava energianseuranta yhdistettynä kattavaan olosuhdeseurantaan todentaa myös käytetyllä energialla tuotetut olosuhteet ja antaa arvokasta tietoa rakennuksen toimivuudesta.

1. Rakennushankkeen alkuvaiheessa tulisi kiinnittää aiempaa enemmän huomiota mittauksille asetettujen tavoitteiden selkeälle määrittelylle ja käydä läpi järjestelmäkohtaisesti käytön ja ylläpidon kannalta merkitykselliset mittaukset.

2. Tavoitteen asettelussa voi hyödyntää työkalua, jonka avulla käydään läpi järjestelmäkohtaisesti tarpeet sähköenergian mittaamiselle.

| SÄHKÖENERGIAN KULUTUKSENSEURANNALLE ASETETUT TAVOITTEET JA TARPEET | | | | | | | | | | Kohde: Päiväkoti | | | |
|--|--|--|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------------|-----------|------------|---|
| | | | | | | | | | | Kohteen tiedot: | | | |
| | | | | | | | | | | Laatija(t): | | | |
| | | | | | | | | | | Versio: | | | |
| S1 | S2 | S3 | S4 | | | | | | | S5 | S6 | | |
| LAITE- JA KULUTUSRYHMÄ | LAITE- JA KULUTUSRYHMIEN SISÄLTÖ | LAITE-/KULUTUSRYHMÄ KOHTAINEN SEURANTA | YHDISTETYT LAITE- JA KULUTUSRYHMIEN SEURANNAT | | | | | | | EI MITTAUSTA | HUOMIOITA | | |
| | | Mittaus 1: | Mittaus 2: Sulanapidot ja lämmitykset | Mittaus 3: | Mittaus 4: | Mittaus 5: | Mittaus 6: | Mittaus 7: | Mittaus 8: | | | Mittaus 9: | |
| 1.0 | Uusiutuva energia | - Uusiutuvan energian pien- tai mikrotuotanto. | X | | | | | | | | | | Mikäli kohteeseen suunniteltu pien-/mikrotuotanto (aurinko, tuuli, ym.) talliin on syytä huomioida tuotetun energian mittaus. |
| 1.1 | Aurinkoenergia | -Aurinkosähköjärjestelmä | X | | | | | | | | | | |
| 1.2 | | | | | | | | | | | | | |
| 1.3 | | | | | | | | | | | | | |
| 2.0 | Valaistus | | X | | | | | | | | | | Valaistuksen osalta energianseurannat toteutetaan yhtenä mittauskokonaisuutena. Ei sisä- ja ulkovalaistusta voidaan kytkä samaan mittaukseen. Näitä laite- ja kulutusryhmiä sisältävien keskusten ryhmittelyssä tulee kiinnittää erityistä huomiota eroteltuihin seurantakokonaisuuksiin. |
| 2.1 | Sisävalaistus | | | | | | | | | | | | |
| 2.2 | Ulkovalaistus | | | | | | | | | | | | |
| 2.3 | Erillinen valaistuksen ohj.järjestelmä | - Laskennallinen kulutus | | | | | | | | | | | Kohteessa ei ole erillistä valaistuksen ohjousjärjestelmää. |
| 3.0 | Sähkölämmitys | | | | | | | | | | | | |
| 3.1 | Autolämmityspistorasiat | | | | | | | | | | | | |
| 3.2 | Sulanapidot | - Ränni- ja kourusulanapidot - Ulkoalueiden sulanapidot | | X | | | | | | | | | |
| 3.3 | Lämmitykset | - Saattolämmitykset - Raitisilmakammioiden lämmitykset | | X | | | | | | | | | |

Osana COMBI-hanketta laadittiin työkalu helpottamaan sähköenergian mittaamiselle asetettavien tavoitteiden määrittämistä.

LÄMPÖENERGIAMITTAUKSET

Entistä tarkemmalla lämpöenergian mittaamisella saavutetaan useita etuja. Kun tiedetään mihin energia oikeasti kuluu voidaan johtaa rakennuksen käyttöä tiedolla ja kohdistaa energiatehokkuustoimenpiteet merkityksellisiin järjestelmiin. Kattava energianseuranta yhdistettynä kattavaan olosuhdeseurantaan todentaa myös käytetyllä energialla tuotetut olosuhteet ja antaa arvokasta tietoa rakennuksen toimivuudesta.

1. Tarkastelemalla rakennushankkeen alkuvaiheessa mitä kulutustietoja on tarpeellista seurata käyttö- ja ylläpitovaiheessa sekä asettamalla mittaamiselle selkeät tavoitteet, voidaan ohjata suunnittelua entistä paremmin.

2. Tavoitteen asetteluissa voi hyödyntää työkalua, jonka avulla käydään läpi järjestelmäkohtaisesti tarpeet lämpöenergian mittaamiselle. Moni kulutusmittaus on mahdollista toteuttaa melko vähäisillä toimenpiteillä kuten tarvittavan energiamittarin lisäämisellä, valitsemalla oikeanlainen kiertovesipumppu tai arvioimalla kulutusta laskennallisesti rakennusautomaation avulla.

| Mittaus | Hyöty | Selvennys | Vaatii vähintään | Valinta | Huom. |
|--|---|---|--|---------|-------|
| Lämmitysjärjestelmän kokonaislämpöenergia | Määräykset velvoittavat/laskutusperuste | Energiamittaus | Energiamittari | | |
| Lämmitysverkoston lämpöenergiankulutus | Lämmitysenergian kulutusjakaman tarkentaminen (opinnäytetyön kohta 4.1) | Energiamittaus/Laskenta järjestelmästä saaduista mittauksista | Verkoston virtaaman ja meno- ja paluuesien lämpötilojen mittaukset | | |
| Lämpimän käyttöveden lämpöenergiankulutus | Lämmitysenergian kulutusjakaman tarkentaminen (opinnäytetyön kohta 4.2) | Energiamittaus/Laskenta järjestelmästä saaduista mittauksista | Lämpimän käyttöveden vesimäärämittaus, lämpimän käyttöveden lämpötilan mittaus, lämminvesikierron paluulämpötilamittaus ja lämminvesikierron virtaama 1) | | |
| Tulo- ja poistoilmavaihtokoneiden lämpöenergiankulutus | Lämmitysenergian kulutusjakaman tarkentaminen (opinnäytetyön kohta 4.2) | Laskenta järjestelmästä saaduista mittauksista | Ilmavirtamittaus, lämmöntalteenoton hyötysuhdemittaus, tuloilman lämpötilamittaus 2) | | |
| Erillispoistojen lämpöhäviö | Lämmitysenergian kulutusjakaman tarkentaminen (opinnäytetyön kohta 4.2) | Laskenta järjestelmästä saaduista mittauksista | Ilmavirta sekä sisä- ja ulkolämpötilat 3) | | |
| Oviverhohuuhaltimet | Lämmitysenergian kulutusjakaman tarkentaminen (opinnäytetyön kohta 4.2) | Laskenta järjestelmästä saaduista mittauksista | Sisälämpötila, ilmavirta ja puhalluslämpötilan mittaus 4) | | |
| Tilalämmitys | Rakennuksen lämpötaseen seuranta (opinnäytetyön kohta 4.2) | Laskenta järjestelmästä saaduista mittauksista | Kaikki ylläolevat 5) | | |
| Rakenteiden lämpöhäviöt | Rakennuksen lämpötaseen seuranta (opinnäytetyön kohta 4.2) | Laskenta järjestelmästä saaduista mittauksista | Kaikki ylläolevat 6) | | |
| Tilan lämmitysenergian kulutus | Laskutusperuste | Energiamittaus | Energiamittari | | |

1) Mittauksien perusteella voidaan eritellä lämpimän käyttöveden kulutuksen ja lämminvesikierron energiankulutukset.
 2) Esitettynä on tyypillisen ilmanvaihtokoneen vaatimat mittaukset. Tapauskohtaiset mittaukset tulee valita ilmanvaihtokoneen kokoonpanon perusteella.
 3) Muuttuvaimavirtaiset poistoilmahuuhaltimet tarvitsevat lisäksi ilmavirtamittauksen tai -arvion.
 4) Jos kiertoilmakoneessa on vakioilmavirtainen puhallin sekä magneettiventtiiliä toteutettu ON/OFF-säätö, ei puhalluslämpötilan mittausta tarvita.
 5) Jos tilalämmityksen lämpöenergia otetaan verkostosta/verkostoista, joiden tehtävänä on hoitaa peikastaan tilalämmitystä, voidaan tilalämmitykseen kuluva lämpöenergiaksi laskea kyseisten verkostojen lämmitysenergiankulutus.
 6) Laskennallisesti saadaan lämmitysjärjestelmästä rakenteiden lämpöhäviöiden kattamiseen kuluva osuus, eli rakennuksen sisäiset lämpökuormat täytyy arvioida erikseen.

Osana COMBI-hanketta luotiin apuvälineitä helpottamaan lämpöenergian mittaamiselle asetettavien tavoitteiden määrittämistä ja suunnittelua.

Sakari Uusitalo, Tampereen ammattikorkeakoulu

Energiankulutustietojen kerääminen, analysointi ja hyödyntäminen

Tuloskortin tavoitteena on esitellä energiankulutusseurannan merkitys ja potentiaali rakennusten energiatehokkuuden varmistamisessa.

Combi-hankkeessa tutkittiin Pirkanmaan alueen pilot-kohteiden energiatehokkuutta ja sitä, miten kohteiden energianseuranta tukee rakennuksen energiatehokkuuden tarkasteluja. Tutkimuksissa todettiin, että energiankulutusseurannan toteuttamisessa on kehitettävää.

Energiankulutusseurannan merkittävimmät kehityskohteet ja havainnot:

- Energiankulutusdata on tulisi jäsenellä energiatehokkuuden tarkasteluja tukevalla tavalla viikko/päivä/tunti-tasolla sen mukaan miten dataa aiotaan hyödyntää. Ei enää kuukausitasolla.
- Merkittävimmät kuluttajaryhmät tulisi erotella. Tämä voi usein olla toteutettavissa ohjelmallisesti olemassa olevalla laitteistolla.
- Energiankulutusseurannan prosessia pitäisi kehittää niin, että löydetään kullekin rakennukselle ominaiset tarkastelukohteet ja tunnusluvut, jotka rutiininomaisesti voidaan päivittää ja analysoida.

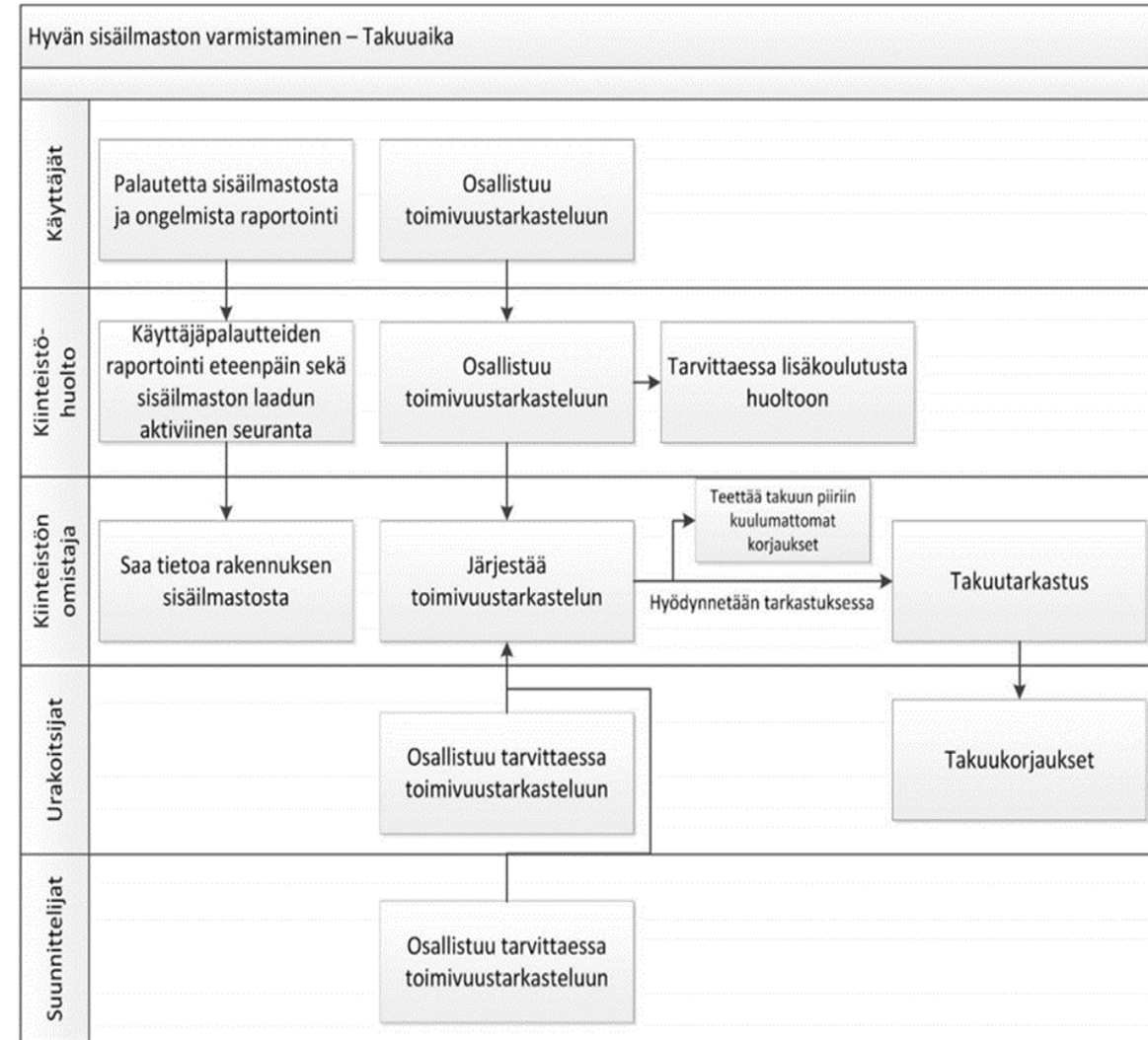
Hyvän sisäilmaston varmistaminen takuuajana

Tutkimuksen tuloksena saatiin prosessikuvaus, jota voi hyödyntää rakennushankkeissa takuuajana hyvän sisäilmaston varmistamiseksi.

Tutkimuksessa selvitettiin toimivuustarkastelun kulku ja siihen kuuluvat tehtävät sekä niiden sisältö ja tehtäviin osallistujat.

Toimivuustarkastelu on yksi merkittävimmistä työkaluista hyvän sisäilmaston sekä rakennuksen toimivuuden varmistamiseksi takuuajana. Tarkastelun tuloksien perusteella voidaan tehdä korjaavia toimenpiteitä sekä vaatia takuun piiriin kuuluvia korjauksia urakoitsijoilta.

Tarpeenmukaisesti säätyvä ilmanvaihto on energiatehokkaan rakennuksen edellytys. Se myös luo selkeän tarpeen toimivuustarkastelulle.



Sisäilmaprosessit

Kaavioiden sisältö:

Combi-hankkeessa on laadittu sisäilmakorjauksiin liittyviä yleisiä prosessikuvauksia. Prosessikuvauksiin sisällössä on huomioitu lainsäädännön vaatimukset ja niissä on esitetty tärkeimmät hyvän sisäilman synnyttämiseen ja varmistamiseen liittyviä tehtäviä. Ylimmän tason kuvauksissa on esitetty eri organisaatioiden toimintatapoja sekä julkaistuja sisäilmaprosesseihin liittyviä oppaita, ja niihin pääsee tutustumaan tarkemmin linkkien takaa.

Tarkemman tason sisäilmaprosessikaavioissa on kuvattu osapuolten tehtäviä ja vastuita ennen korjaushankkeen alkamista, sen aikana ja sen jälkeen. Sisäilmaprosessikaavioilla pyritään esittämään hankkeen eteneminen muistilistatyypisesti.

Ensimmäisessä nuolikaaviossa kuvataan asumisterveysasetukseen ja työsuojelulainsäädäntöön perustuvat toimenpiteet korjaus- ja purkupäätökseen asti. Ensimmäinen prosessi päättyy palvelurakennuksen kokonaisvaltaiseen arviointiin, jonka seurauksena syntyy korjaus- tai purkupäätös.

Toinen kaavio kuvaa tehokkaita menetelmiä korjaushankkeen sisäilmakysymysten suunnitteluun ja toteutuksen ohjaamiseen.

Kolmannessa kaaviossa esitetään toimenpiteitä, joilla voidaan varmistaa ja edesauttaa rakennuksen jatkuvaa toimivuutta.

Työryhmä: Tampereen yliopisto: Ulrika Uotila, Olli Teriö