

## COMBI-hankkeen suositukset energiatehokkaaseen rakentamiseen – COMBI 8

Hyvä energiatehokkuus on yksi laadukkaan rakentamisen monista ominaisuuksista. Sen parantaminen vaikuttaa moniin eri asioihin, jotka tulee ottaa huomioon rakennusprosessissa ja rakennuksen käytön aikana.

Onnistunut energiatehokas rakentaminen edellyttää kokonaisvaltaista ja oikea-aikaista asioiden tarkastelua sekä ehjän ketjun rakentamista suunnittelusta toteutukseen ja käyttöön.

Korkealaatuisen lopputuloksen edellytyksenä on lisäksi rakennushankkeessa mukana olevien toimijoiden hyvä ammattitaito ja yhteistyö sekä riittävät resurssit.

### Johdanto

Tässä suosituslistassa esitellään joukko COMBI-tutkimushankkeen perusteella valittuja tekijöitä, joiden on katsottu olevan keskeisessä roolissa rakennusten energiatehokkuuden ja muiden ominaisuuksien parantamisessa. Niiden yhteydessä on esitetty kuhunkin aihepiiriin liittyviä suosituksia, jotka samalla havainnollistavat kutakin tekijää. Suositukset koskevat ensisijaisesti julkisia palvelurakennuksia, kuten kouluja, päiväkoteja ja tuetun palveluasumisen rakennuksia.

Yhdistävänä teemana seuraavassa esitettyjen tekijöiden kesken on, että rakennusten tulee olla toimivia ja hyvin käyttötärpeisiin vastaavia. Hyvä energiatehokkuus on nähtävissä tällöin yhtenä laadukkaan rakentamisen monista ominaisuuksista. Tämän tavoitteen saavuttaminen edellyttää kokonaisvaltaista ja oikea-aikaista asioiden tarkastelua sekä ehjän ketjun rakentamista rakennusten suunnittelusta niiden käyttöön ja ylläpitoon. Siinä onnistumiseksi rakennusprosessissa ja käyttövaiheessa mukana olevilta henkilöiltä tarvitaan hyvää yhteistyökykyä ja ammattitaitoa. Myös riittävien resurssien varmistaminen on tärkeää asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi.

Pitkästä suosituslistasta huolimatta on tärkeää muistaa, että olemassa olevissa rakennuksissa moni asia on myös hyvin. Tutkimushankkeen luonteen vuoksi seuraavassa on kuitenkin listattu sellaisia asioita, joita voitaisiin parantaa nykytilanteeseen verrattuna. Lisäksi kaikki kohdat eivät koske kaikkia rakennuksia, mutta jokainen kohta koskee osaa rakennuksista.

Hankkeen johtopäätökset ja suositukset on kuvattu tarkemmin COMBI-hankkeen johdanto- ja yhteenvetoraportissa. Hankkeeseen tutustumisen helpottamiseksi kustakin tutkimusaiheesta on laadittu myös lyhyt tuloskortti ja siihen liittyvä esitysmateriaali. Eri tutkimusosioiden tulokset on esitetty yksityiskohtaisimmin hankkeen taustajulkaisuissa.

## Suosituksat

1. Käyttö ja käyttäjät: Rakennukset tulee suunnitella niiden käyttäjien ja käytön mukaisista lähtökohdista.

- Rakennuksen osan käyttö edellyttää usein käytön ajan olosuhteiden ylläpitämistä suuressa osassa rakennusta. → Ryhmittele tilat vyöhykkeiksi itsenäisesti käytettävien tilojen tai tilaryhmien perusteella ja suunnittele kulkuyhteydet sekä tekniset järjestelmät tämän mukaisesti.
- Energiategohkuusvaatimukset ja arkkitehtoninen näkemys eivät aina vastaa toisiaan. → Koska muotoon ja ulkonäköön liittyvillä seikoilla on suhteellisen vähän vaikutusta energiategohkuuteen, ei arkkitehtonisesta ja toiminnallisesta laadusta tule tinkiä.
- Taloteknisten järjestelmien käyttöliittymät eivät ole aina havainnollisia, jolloin järjestelmää ei osata käyttää tehokkaasti. → Tee huonetilojen säätimistä ja rakennusautomaatiojärjestelmien käyttöliittymistä selkeitä ja käytöstä yksinkertaista. Tee energiankulutus näkyväksi, jotta poikkeamiin voidaan puuttua nopeasti.
- Ilmanvaihtojärjestelmiin ja huonetilojen vaikeapääsyisiin paikkoihin voi kertyä huomattava määrä pölyä ja muuta likaa. → Muista huolehtia huonetilojen lisäksi myös talotekniikan puhdistettavuudesta ja puhdistamisesta.

2. Yhteistyö ja jatkuvuus: Eri suunnittelualojen yhteistyötä ja rakennuksen elinkaaren eri vaiheiden välistä jatkuvuutta tulee edistää entisestään.

- Energiategohkuuteen tähtäävät talotekniset ja rakenteelliset ratkaisut lisätään lineaarisessa rakennusprosessissa arkkitehtisuunnitteluun jälkeenpäin ja niillä pyritään ratkaisemaan mahdolliset arkkitehtisuunnittelun aiheuttamat epäedulliset vaikutukset. → Tee talotekniset ja rakenteelliset valinnat yhdessä arkkitehtonisten suunnitteluratkaisujen kanssa.
- Rakenteiden ja talotekniikan toimivuutta ei aina selvitetä tai raportoida yhdessä, vaikka sisäilman olosuhteet riippuvat molemmista. → Tilaa rakennusten sisäilma- ja kosteustekninen kuntotutkimus sekä ilmanvaihtotekninen kuntotutkimus yhtenä kokonaisuutena. Työ on mahdollista toteuttaa joko yhden toimijan toimesta tai usean tahon yhteistyönä.
- Järjestelmien toimintaperiaatteita ei aina tunneta, jolloin niitä ei myöskään osata säätää ja käyttää tehokkaasti. → Suunnittelijoiden, urakoitsijoiden ja laitetoimittajien tulee olla mukana rakennuksen käyttöönotossa.

3. Mitattavat tavoitteet: Energiategohkuudelle ja sisäolosuhteille tulee asettaa mitattavissa olevat tavoitteet ja niiden toteutumista tulee seurata.

- Pinta-alapohjainen energiategohkuuden tarkastelu suosii tehotonta tilankäyttöä eikä ota riittävästi huomioon arkkitehtisuunnittelun vaikutusta. → Tarkastele rakennuksen energiankulutusta suhteessa siitä saatavaan hyötyyn, kuten henkilökäyttötuntien määrään.

- Yksittäisen rakennuksen energiatehokkuustavoitteiden toteutumista ei ole mahdollista arvioida, jos suunniteltujen ja toteutuneiden arvojen taustalla olevat määritelmät ja oletukset poikkeavat toisistaan. → Rakennukselle ja sen keskeisille järjestelmille tulee määrittää suunnitteluvaiheessa tavoite-energiankulutuslaskelma hyväksytyine virherajoineen. Vertaa toteutuneita tietoja säännöllisesti suunniteltuihin arvoihin.
- Energiankulutustietoja kerätään rakennuksissa usein suurista kokonaisuuksista, jolloin mahdollisten virhetilanteiden syiden selvittäminen ei onnistu ilman huomattavia lisäselvityksiä. → Mittauksissa tulee siirtyä yksittäisten järjestelmien ja keskeisten laitteiden mittauksiin, jotta mittaustulosten tulkinta ja niistä tehtävät johtopäätökset selkiytyvät.
- Palvelurakennusten normaali käyttö etenee viikoittain, mutta energiankulutuksen seuranta tehdään paljon kuukausittain. → Kulutusseurantareportit tulee laatia viikkoperusteisesti, minkä lisäksi niissä tulee olla tietoa ilmanvaihdon käyntiajoista, työ- ja lomaviikoista sekä tilojen lämmityksen ja jäähdytyksen käynnistämisestä ja sammuttamisesta syksyisin ja keväisin.
- Energiankulutusmittaukset vievät aikaa ja niissä menetetään tietoa ajan suhteen tapahtuvista muutoksista ja tehonkäytöstä. → Rakennuksissa tulee hyödyntää enemmän sähkötehon mittauksia, esimerkiksi seuraamalla isojen kulutusyksiköiden tehonkäyttöä suhteessa suunnittelijoiden toimittamiin tavoitearvoihin ja -rajoihin.

4. Vikasietoisuus ja toimintavarmuus: Rakenteiden kosteusteknisen toiminnan suunnittelussa ja taloteknisten järjestelmien käytössä tulee kiinnittää entistä enemmän huomiota vikasietoisuuteen ja varautua toimivuuden puutteisiin.

- Kosteus- ja mikrobivaurioita esiintyi kuntotutkimusaineistossa hyvin monenlaisissa rakenneratkaisuissa. Lisäksi ilmastonmuutos yhdistettynä puutteellisesti toteutettuun lämmöneristyksen lisäykseen rasittaa jatkossa entistä enemmän varsinkin rakenteiden ulko-osia. → Suunnittele rakenteisiin useita toimivuutta edistäviä yksityiskohtia ja varmuutta vaurioitumisrajoihin nähden.
- Osassa tutkituista kouluista ja päiväkodeista esiintyi suuria ilmanpaine-eroja ulkovaipan yli, kun taas osassa kohteista paine-erot pysyivät pieninä. → Seuraa paine-eroja mittauksin esimerkiksi ilmanvaihdon säätämisen yhteydessä, eri käyttötilanteissa ja eri vuodenaikoina. Tee paine-eromittaukset jatkuvatoimisesti eri puolilta rakennusta ja korjaa ilmanvaihdon säätöjä niiden perusteella.
- Suuret ilmanpaine-erot voivat aiheuttaa haitallisia vaikutuksia rakenteiden kosteustekniselle toiminnalle ja sisäilman laadulle. → Rakennusten tilajärjestelyjä, rakenneratkaisuja, taloteknisiä järjestelmiä sekä niiden seuranta ja ohjausta tulee kehittää ja parantaa niin, että rakennusten paine-erot pysyvät maltillisina, eivätkä aiheuta haitallisia seurauksia.
- Betonin suhteellisen kosteuden mittaukseen liittyy useita mahdollisia virhelähteitä, jotka tulee hallita. → Varmista mittalaitteen ja siinä käytettävän suodinmateriaalin sopivuus tuoreen betonin mittauksiin laitteen valmistajalta. Kondenssilanteen

välttämiseksi jatkuvatoimiset mittalaitteet suositellaan asennettavaksi vasta, kun on saavutettu riittävän alhainen suhteellinen kosteus (noin 90 % RH) ja riittävän vakaat lämpötilaolosuhteet.

5. Lähtötiedot ja dokumentointi: Käytä ja tarvittaessa määritä luotettavia lähtötietoja rakennuksen suunnittelua ja toteutusta varten. Tallenna rakennuksiin liittyvä tieto selkeään muotoon, jotta sitä voidaan hyödyntää myöhemmin.

- Energiatohokkuuden määräystenmukaisuuden osoittamiseksi laskettu ostoenergiankulutus vastaa heikosti rakennusten todellista energiankulutusta. → Suunnittele energiatohokkuuden parantamistoimenpiteet aina todellista käyttöä vastaavilla lähtötiedoilla. Vasta tämän jälkeen tarkista määräystenmukaisuuden täyttyminen vakiokäytön mukaisilla lähtötiedoilla. Myös määräystenmukaisuuden osoittamisessa käytettävien lähtötietojen tarkkuutta tulee parantaa.
- Rakennusmateriaalien rakennusfysikaalisia materiaaliominaisuusarvoja puuttuu edelleen huomattava määrä, kuten myös tietoa niiden vaihtelusta. Rakenteiden käyttäytyminen voi poiketa materiaalikokeiden mukaisesta tilanteesta, aiheuttaen lisää virhettä laskentatuloksiin. Lämpö- ja kosteusteknisten ominaisuuksien lisäksi myös muista ominaisuuksista tarvitaan lisää tietoa, kuten materiaalien homehtumisherkkydestä. → Rakennusmateriaalien ominaisuuksien määrittämistä tulee edistää ja tuotteiden valmistajia tulee velvoittaa niiden määrittämiseen. Kun teet rakenteiden laskentatarkasteluja, etsi niiden pohjaksi referenssitapauksia ja tee herkkyystarkasteluja.
- Puhalluseristeiden suuri ilmanläpäisevyys altistaa yläpohjan eristekerroksen sisäiselle konvektiolle, jolloin yläpohjan todellinen lämpöhäviö voi olla merkittäväsi suurempi kuin laskennallinen arvo. → Valitse yläpohjaan pienen ilmanläpäisevyyden omaava puhalluseriste tai levyeriste. Ota sisäisen konvektion vaikutus yläpohjan lämpöhäviö- ja energiankulutuskalkelmissa riittävällä tavalla huomioon.
- Rakennuksia koskeva dokumentaatio on usein puutteellista vaikeuttaen toimivuuden arviointia ja esimerkiksi kuntotutkimusten suorittamista. → Kirjaa talteen rakennuksen suunnittelua ja toteutusta koskevat tiedot siten, kuin olisit itse tulossa tekemään rakennuksen todellisen energiatohokkuuden ja toimivuuden selvitystä ensimmäistä kertaa.
- Järjestelmien säätöperiaatteet ja laitteiden suositeltu käyttötapa unohtuvat tai hukkuvat vuosien varrella. → Tilaa ilmanvaihtosuunnittelijalta kirjallinen selostus ilmanvaihtojärjestelmän toimintaperiaatteista tilakokonaisuuksittain, sisältäen säätöperiaatteet eri käyttötilanteissa ja perusteet tarpeenmukaisen ilmanvaihdon eri tehotasoihin. Tilaa urakoitsijalta tai suoraan laitetoimittajalta laitteiden ja järjestelmien käyttöohjeet ja laita ne saataville suoraan käyttöpaikalle.

6. Ennakointi: Kiinteistönpidon tulee olla ennakoivaa ja suunnitelmallista.

- Rakenne- ja taloteknisten järjestelmien toimivuuspuutteet eivät välttämättä tule helposti esille, ennen kuin niistä aiheutuu haitallisia seurauksia. → Pyri tekemään vaikeasti havaittavat ilmiöt näkyviksi, kuten laittamalla nauhoja ilmavirtaukseen, merkkivaloja laitteisiin ja tarkastusluukut tai -pisteet rakenteisiin.
- Sisäilma- ja rakennetekniset kuntotutkimukset tehdään usein vasta siinä vaiheessa, kun rakennuksessa on muodostunut jo epäily sisäilmahaitasta. → Sisäilma-, rakenne- ja ilmanvaihdotekniset kuntotutkimukset tulee suorittaa ennakoivasti ja niissä havaitut puutteet korjata ajoissa.
- Rakennusautomaatiojärjestelmiä ei useinkaan käytetä siinä laajuudessa, kuin mitä järjestelmien ominaisuudet mahdollistaisivat. → Rakennusautomaatiojärjestelmiin tulee liittää mittausdatan seuranta ja näihin liittyviä hälytysrajoja, jotta kiinteistön ylläpitohenkilökunta voi selvittää ylitysten ja alitusten syyt.

7. Resurssit: Tavoitteiden saavuttamiseksi ihmisten aikaa ja osaamista tulee käyttää riittävästi, mutta samalla tehokkaasti kohdistaen.

- Rakennusten energiatehokkuus ja toimivuus synnyttävät paljon työtä ja kysymyksiä, mutta toiminta on sirpaleista. → Järjestä mahdollisuuksia yhteistyöhön ja olemassa olevien resurssien yhdistämiseen, jotta yksittäisten tahojen kokemukset ja hyvät käytännöt hyödyttäisivät mahdollisimman laajaa joukkoa.
- Hankeprosessin alussa tehtävä tarveselvitys muodostaa perustan kaikille myöhemmin tehtäville päätöksille, mutta sen toteutustapa vaihtelee ja siinä voi olla puutteita. → Muista varata riittävästi resursseja eri vaihtoehtojen teknisten, toiminnallisten ja taloudellisten ominaisuuksien vertailemiseksi ennen päätöksentekoa.
- Rakennusten kunnon hyvin tuntevan ylläpitohenkilöstön ja sisäilma-asiantuntijoiden aika kuluu usein suurelta osin vikailmoituksiin reagoimiseen sekä esiintyneiden sisäilmaepäilyjen ja -ongelmien selvittämiseen. → Järjestä riittävästi resursseja, jotta näiden henkilöiden osaaminen saadaan hyödynnettyä rakennusten suunnitteluvaiheessa ja ennakoivassa kiinteistönpidossa.

8. Taloudellisuus: Kustannustehokkaimpien suunnitteluratkaisujen löytämiseksi tulee arvioida kattavasti erilaisia vaihtoehtoja ja tilanteita.

- Rakennuksen investointikustannuksilla on usein liian suuri painoarvo verrattuna rakennuksen käyttövaiheen kustannuksiin. → Suosi suunnitteluratkaisuja, jotka ovat kustannustehokkaita rakennuksen koko elinkaaren näkökulmasta.
- Rakennusten taloudellisuus, energiatehokkuus ja sisäolosuhteet muodostuvat useiden toisiinsa kytkeytyneiden tekijöiden monimutkaisena yhteisvaikutuksena. → Ota tarkasteluihin avuksi tapaukseen soveltuvia optimointimenetelmiä ja -työkaluja kustannusoptimaalisten suunnitteluratkaisujen löytämiseksi.

- Uusien palvelurakennusten energiatehokkuuden parantamiseksi on jo Suomessa tehty monia erilaisia toimenpiteitä, kuten parannettu vaipan lämmöneristystasoa. → Nykytasosta selvästi matalampaan energiankulutukseen pääseminen edellyttää tyypillisesti joko kustannusoptimaalisen tason ohi menemistä tai investointeja uusiin taloteknisiin järjestelmiin ja omaan energiantuotantoon. Uusien palvelurakennusten vaipan lämmöneristystason parantaminen nykymääräysten vertailutasoa paremmaksi ikkunoita lukuunottamatta ei ole enää taloudellista.

#### Lisätietoja ja yhteydenotot

Juha Vinha, Anssi Laukkarinen, Tapio Kaasalainen, Pirkko Pihlajamaa, Olli Teriö, Juha Jokisalo, Petri Annala, Pirkko Harsia, Markku Hedman, Juhani Heljo, Kari Kallioharju, Antti Kauppinen, Paavo Kero, Henna Kivioja, Taru Lehtinen, Tero Marttila, Malin Moisio, Antti Mäkinen, Jukka Paatero, Tuomas Raunima, Annu Ruusala, Paula Sankelo, Pauli Sekki, Kai Sirén, Eero Tuominen, Olli Tuominen, Ulrika Uotila & Sakari Uusitalo 2019. Comprehensive development of nearly zero-energy municipal service buildings (COMBI). Tutkimushankkeen johdanto- ja yhteenvetoraportti. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laboratorio. Rakennetekniikka. Tutkimusraportti 168. 45 s. + 111 liites. Tampere. Saatavissa:

<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-15-4306-7>

Professori Juha Vinha (juha.vinha@tuni.fi)

Tohtorikoulutettava Anssi Laukkarinen (anssi.laukkarinen@tuni.fi)