



COMBI-hanke

Päätösseminaari 24.1.2019

Prof. Juha Vinha
Rakennusfysiikka, Rakennustekniikka

BUSINESS
FINLAND



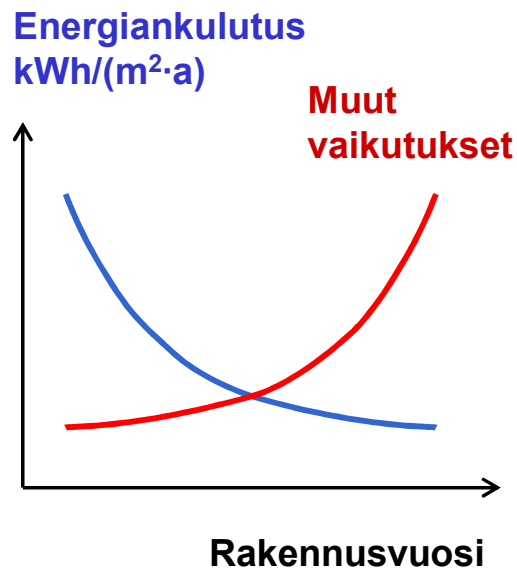
Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020

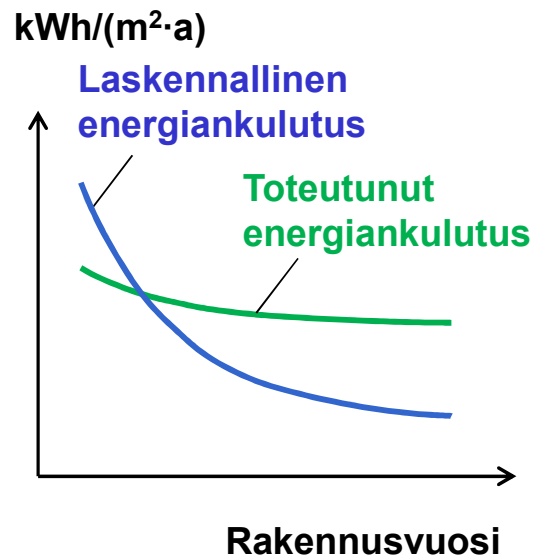
Rakennusten energiankulutuksen vähentämisen haasteet

Muut vaikutukset

- Huomioon otettavien tekijöiden määrä kasvaa ja vähennykset syntyvät yhä pienemmistä osatekijöistä. **Kokonaisuuden hallinta** monimutkaistuu.
- Tavoitellun lopputuloksen aikaansaaminen edellyttää **huolellisempaa ja virheettömämpää rakentamista**.
- Yhä useampiin rakentamiseen ja rakennuksen käyttöön liittyviin asioihin syntyy haasteita ja ongelmia energiankulutuksen vähentämisestä:
 - **monien rakenteiden kosteustekninen toiminta voi heikentyä** vaipan ulko-osien viilentäminen, rakenteiden ja toteutustapojen muutokset, korjausrakentaminen
 - **sisäilman laatu voi heikentyä** haitallisten aineiden tulo sisäilmaan voi lisääntyä paine-erojen kasvaessa, ylikämpeneminen kesällä ja jäähdytystarpeen lisääntyminen, ilmanvaihdon väärä toiminta
 - **tekniset järjestelmät monimutkaistuvat ja niiden toiminta tai viat voivat aiheuttaa energiankulutuksen lisäystä tai kosteusriskejä rakenteisiin** järjestelmien määrä kasvaa ja hallinta monimutkaistuu, sähkötehon hallinta korostuu, automaation tarve kasvaa, huollon ja ylläpidon tarve lisääntyy, kosteuslisän ja paine-erojen vaikutukset rakenteiden toimintaan
 - **esteettisten ja toiminnallisten tavoitteiden toteuttaminen hankaloituu** ikkunoiden määrä ja sijoittelu, tilaratkaisut, ulkonäkö, viihtyisyys, valaistus
 - **kasvihuonekaasupäästöt eivät alene tavoitellusti tai voivat jopa lisääntyä** energiatehokkaamman rakentamisen synnyttämä hiilijalanjälki, uusimis-, korjaus- ja purkamistarpeen mahdollinen lisääntyminen, uusiutuvan energian etätuotannon ja lähialueen energiaratkaisujen huomioon ottaminen tärkeätä
 - **kustannukset lisääntyvät ja taloudellisuus heikkenee** rakentaminen kallistuu entisestään, yhä suurempi osa ratkaisuvaihtoehdoista on taloudellisesti kannattamattomia



Toteutunut ja laskennallinen energiankulutus eroavat toisistaan



Vanhoissa rakennuksissa toteutunut kulutus on usein pienempi

- Ilmanvaihdon määrä on ohjearvoja pienempi; monissa rakennuksissa on painovoimainen ilmanvaihto.
- Sisäilman lämpötila on usein ohjearvoja alhaisempi.
- Massiivirakenteiden varaamaa lämpöä ei ole otettu huomioon oikealla tavalla laskelmissa.

Uusissa rakennuksissa toteutunut kulutus on usein suurempi

- Talotekniset järjestelmät ja ilmanvaihto toimivat puutteellisesti tai väärin.
- Rakennuksen ulkovaipan lämmöneristyskyky on laskennallisia arvoja heikompi; sisäinen konvektio erityisesti puhalluseristeisissä yläpohjissa, polyuretaanieristeet kylmissä olosuhteissa.
- Lämpimän käyttöveden kulutus voi olla laskennallisia arvoja suurempi.
- Sähkölaitteiden aiheuttama kulutus on jonkin verran laskennallisia arvoja suurempi.
- Jäähdytystarve on laskennallisia arvoja suurempi; suuret ikkunat, puutteellinen aurinkosuojaus, lisääntyneet lämpökuormat ja tehokkaampi lämmöneristys.
- **Energiaa kuluttavilla käytötottumuksilla on suurempi suhteellinen vaikutus.**

COMBI-hanke

- COMBI-hanke on keskittynyt **palvelurakennusten energiatehokkuuden parantamiseen** liittyvien haasteiden ja mahdollisuuksien selvittämiseen sekä uusien ratkaisujen, työkalujen, menettelytapojen ja ohjeiden tuottamiseen.
- Tutkimuksen kantavina teemoina ovat olleet **energiatehokkaan rakentamisen vaikutusten kokonaisvaltainen tarkastelu** sekä **teorian ja käytännön välisten erojen selvittäminen**.
- Tarkastelua on tehty **arkkitehtuurin, rakennustekniikan, talotekniikan ja rakennusprosessin** näkökulmista eri työpaketeissa.
- Hankkeessa on tarkasteltu sekä **uudis- että korjausrakentamista**.
- Tutkimuksessa on ollut mukana **case-kohteita** Tampereen ja Helsingin sekä Pirkanmaan kuntien uusista ja korjatuista palvelurakennuksista.
- Tutkimuksessa on ollut mukana **7** tutkimusryhmää Tampereen teknillisestä yliopistosta (TTY), Aalto-yliopistosta (Aalto) ja Tampereen ammattikorkeakoulusta (TAMK). Koordinaattorina on toiminut TTY:n rakennusfysiikan tutkimusryhmä.
- Projektin kokonaisrahoitus on ollut **2,4 M€** ja aikataulu **1.5.2015 – 31.12.2018**.

COMBI -hankkeessa mukana olevat kaupungit ja kunnat, 9 kpl



Tampere



Tampereen kaupunkiseutu



Helsinki



Kangasala



Lempäälä



Nokia



Orivesi



Pirkkala



Vesilahti



Ylöjärvi

COMBI -hankkeessa mukana olevat yritykset, 37 kpl

CRAMO **PEAB** **PIRKANMAA** **RAMBOLL** **RUUKKI**

Schneider Electric **SKANSKA** **SWECO**  **VAHANEN**

A-INSINÖÖRIT

ALASEN RAKENNUS OY

ARKTA

FINNFORM
MAAN PARAS ERISTE

FCG.

Granlund
Less energy gives more

MetsäWood

Purfin

SYK
SUOMEN YLIOPISTOKIINTEISTÖT OY

Tampereen SÄHKÖLAITOS
KAUKOLÄMPÖ OY

uponor

ARKKITEHTIPALVELU .fi

NEVA
ARKKITEHDIT

AX-Suunnittelu

Difina

DIMENSIO OY

enermix

Helvar

KARAWATSKI OY
SÄHKÖTEKNINEN INSINÖÖRITOIMISTO

KNAUF

MEHTO
Insinööri-toimisto Lauri Mehto Oy

Nokian Talotekniikka Oy

Redi-Yhtiöt Oy

SIRATE

Sisäilmakeskus

SKAALA
IKKUNAT JA OVIET

TEKNOCALOR

TERMATER

COMBI -hankkeen tavoitteena korkealaatuiset energiatehokkaat palvelurakennukset

Tavoitteet:

- korkealaatuinen
- terveellinen
- riskitön
- kosteusturvallinen
- taloudellinen
- **energiatehokas**
- viihtyisä
- helppokäyttöinen
- muunneltava
- ympäristöystävällinen
- huollettava
- pitkäaikaiskestävä

Kokonaisuuden tarkastelu



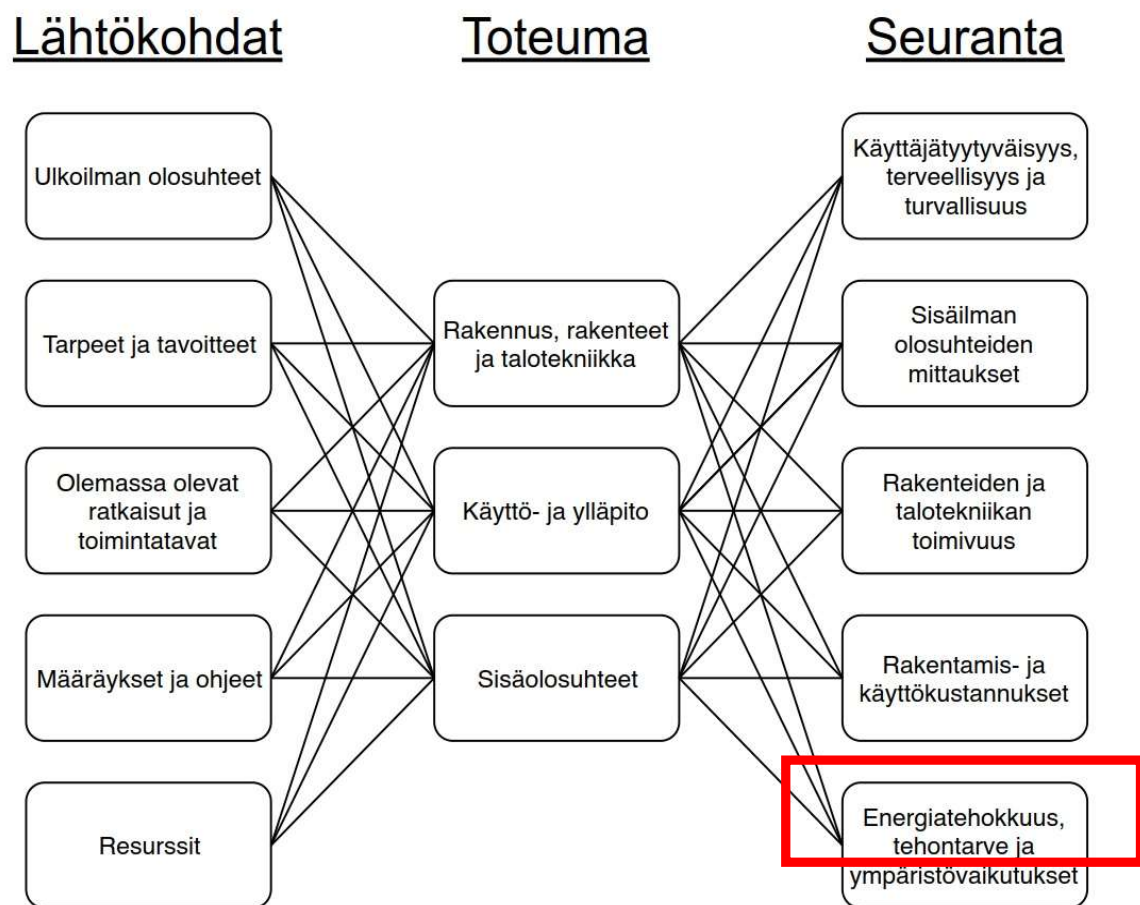
Työkalut ja ratkaisut:

- ohjeet ja toimintamallit
- suunnittelu- ja laskentamenetelmät
- optimointi- ja valintamenetelmät
- koulutuspaketit

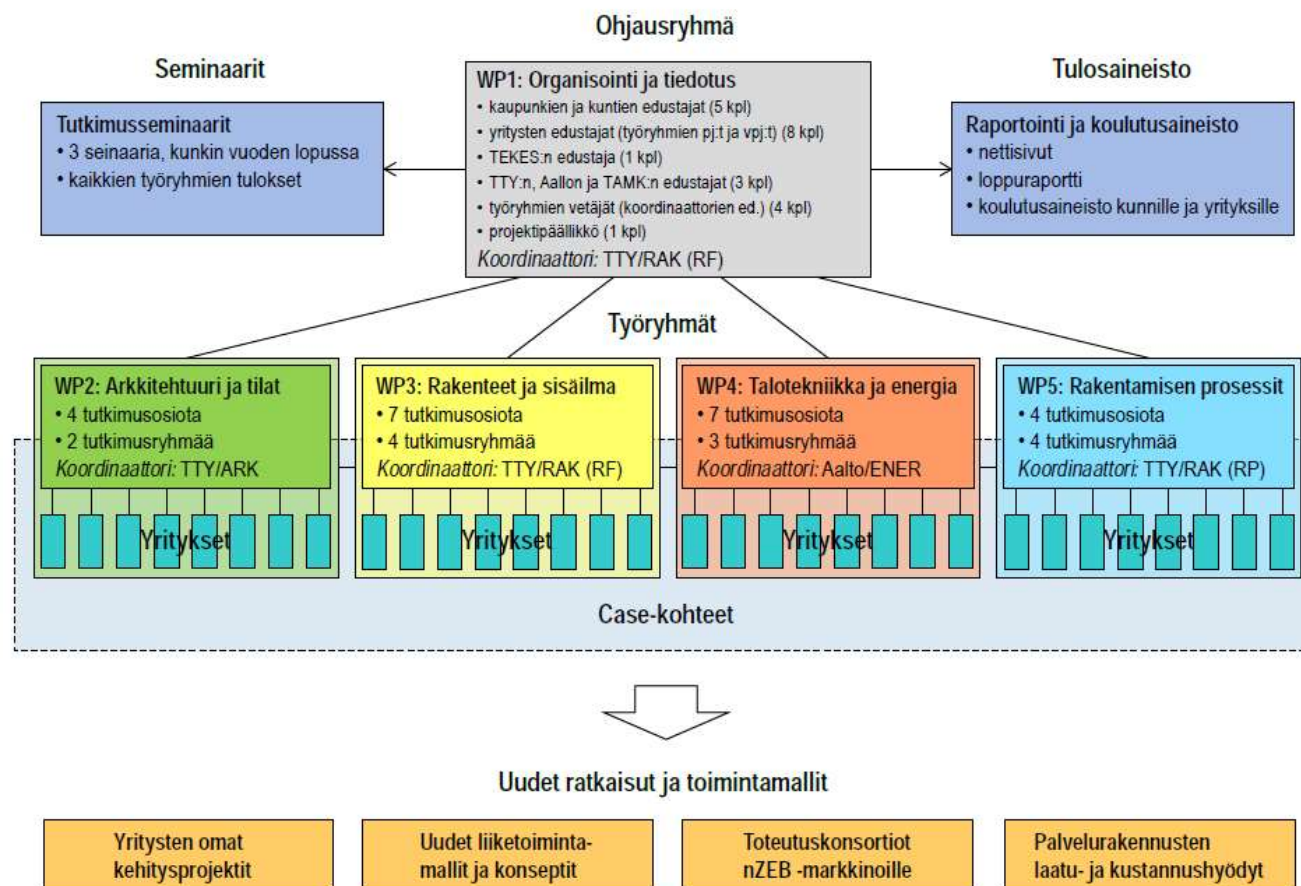
Mahdollisuudet ja hyödyt:

- uusi liiketoiminta
- innovaatiot
- kilpailuetu
- laadun parantuminen
- kustannussäästöt

Energiatehokkuus yksittäisessä rakennuksessa



COMBI -hankkeen organisaatio ja työpaketit



Arkkitehtuuri ja tilat (WP2)

Palvelurakennusten arkkitehtuurin kehittäminen

1. Ikääntyneiden tehostetun palveluasumisen tilalliset ja toiminnalliset suunnitteluratkaisut (TTY-ARK)

Energiatehokkuuden huomioon ottaminen arkkitehtisuunnittelussa

2. Energiatehokkaan arkkitehtisuunnittelun ohjekortisto (TTY-ARK)

3. Lähes nollaenergiatavoitteiden vaikutus rakennusten arkkitehtoniseen ilmeeseen ja tilasuunnitteluun (TTY-ARK)

4. Ikkunoiden suunnittelun vaikutus energiatehokkuuteen (TTY-ARK)

5. Tilojen jakamisella vyöhykkeisiin voidaan parantaa rakennusten käyttö- ja energiatehokkuutta (TTY-ARK)

6. Peruskoulujen energiatehokkuuteen vaikuttavat tilalliset ja toiminnalliset suunnitteluperiaatteet (TTY-ARK)

Ympäristöystävällinen ja kestävä arkkitehtisuunnittelu

7. Ekologisuuden neljän eri näkökulman vertailu ja vaikutukset arkkitehtisuunnitteluun (TTY-ARK)

8. Passiivisten suunnitteluratkaisuiden vaikutus energiatehokkuuteen ja hiilijalanjälkeen – arkkitehtisuunnittelun konseptipankki (TTY-ARK)

9. Monikäyttöisyyttä tukevilla tilaratkaisuilla ekologisuutta koulujen arkkitehtisuunnitteluun (TTY-ARK)

WP2: 3 tutkimusosiota, **9** tulokorttia, **6** diaesitystä, **2** kv-artikkelia, **8** muuta taustajulkaisua

Rakenteet ja sisäilma (WP3) – osa 1

Rakennusten kosteusvauriot ja korjausmenetelmät

1. Palvelurakennusten kosteus- ja mikrobivaurioituminen (TTY-EK)
2. Rakennusosien kosteuspitoisuudet kosteus- ja sisäilmateknisissä kuntotutkimuksissa (TTY-EK)
3. Terveen talon toteutuksen kriteerit korjausrakentamiseen (TTY-EK)

Rakennusmateriaalien rakennusfysikaaliset ominaisuudet

4. Suomessa markkinoilla olevien kalsiumsilikaattieristeiden rakennusfysikaaliset materiaaliominaisuudet (TTY-RF)
5. Sisäkuori- ja ontelolaattabetonien rakennusfysikaaliset kosteusominaisuudet (TTY-RF)
6. Rakennusfysikaalisten kosteusominaisuuksien laboratoriomittausten kehittäminen (TTY-RF)

Rakenteiden lämpö- ja kosteustekninen toiminta

7. Maanvastaisten seinien lämmön- ja kosteudeneristys (TTY-RF)
8. Betonirakenteisten sisäkuorielementtien kuivuminen – seurantamittaukset (TTY-RF)
9. Betonirakenteisten sisäkuorielementtien kuivuminen – laskennallinen tarkastelu (TTY-RF)
10. Sisäinen konvektio puhallusvillaeristeisissä yläpohjissa (TTY-RF)
11. Kapasitiivisten kosteusanturien käyttäytyminen betoniseinien kuivumisen seurannassa (TTY-RF)

Rakenteet ja sisäilma (WP3) – osa 2

Sisäilman olosuhteet ja laatu

- 12. Uusien ja korjattujen palvelurakennusten paine-erot ulkovaipan yli (TTY-RF)
- 13. Sisäilman kosteuslisä ja lämpötilan sisäilmastoluokka kouluissa ja päiväkodeissa (TTY-RF)
- 14. Sisäilman hiilidioksidipitoisuudet kouluissa ja päiväkodeissa (TTY-RF)
- 15. Sisäilman radonpitoisuudet palvelurakennuksissa (TTY-RF)

Rakennusten energiankulutus

- 16. Koulujen ja päiväkotien energiankulutus Suomen rakennuskannassa (TTY-RF)
- 17. Koulujen ja päiväkotien E-lukulaskennan mukainen ja toteutunut ostoenergiankulutus (TTY-RF)

Rakennushankkeen taloudellisuustarkastelut

- 18. Taloudellisuuslaskennan yhteiset peruseriaatteet (TTY-EE)
- 19. KOP-COMBI kustannusoptimointityökalu (TTY-EE)

WP3: 6 tutkimusosiota, **19** tulokorttia, **18** diaesitystä, **14** kv-artikkelia, **22** muuta taustajulkaisua

Talotekniikka ja energia (WP4)

Taloteknisten järjestelmien kustannusoptimalisuus

1. Kustannusoptimaaliset lämmitys- ja jäähdytysratkaisut palvelurakennuksissa (Aalto)
2. Aurinkosähkö kannattaa etenkin vanhainkodeissa (Aalto)
3. Kustannusoptimaaliset suunnitteluratkaisut palvelurakennuksissa (Aalto)

Uusiutuvan energian etätuotanto

4. Kuntien oman energiantuotannon kehittäminen kannattaa vain poikkeustapauksissa (Aalto)
5. Uusiutuvan energian etätuotantoon liittyvät yhteiskunnalliset ja juridiset kysymykset (UEF, TAMK)

Taloautomaatiojärjestelmän toiminta

6. Nykyaikaiset rakennusautomaatiojärjestelmät tarjoavat hyvät mahdollisuudet olosuhteiden hallintaan (TAMK)

Aurinkosuojaus

7. Verhojen ja kaihtimien vaikutus rakennuksen energiatehokkuuteen, CASE palvelutalo (TAMK)

Valo ja valaistus

8. Energiatehokas valaistus valo-olosuhteen laatua unohtamatta (TAMK)

WP4: 5 tutkimusosiota, **8** tulokorttia, **8** diaesitystä, **3** kv-artikkelia, **9** muuta taustajulkaisua

Rakentamisen prosessit (WP5)

Päätöksenteon prosessit

1. Energiakortilla jämäkkyyttä hankkeen ohjaamiseen (TTY-RP)
2. Korjaushankkeiden sisäilmaprosessien kuvaukset (TTY-RP)
3. Sisäilmaongelmaisen koulun korjausvaihtoehtojen ja purkamisen vertailu – Case-tutkimus (TTY-RP, -EK, -ARK)

Rakennuksen toimivuuden varmistaminen

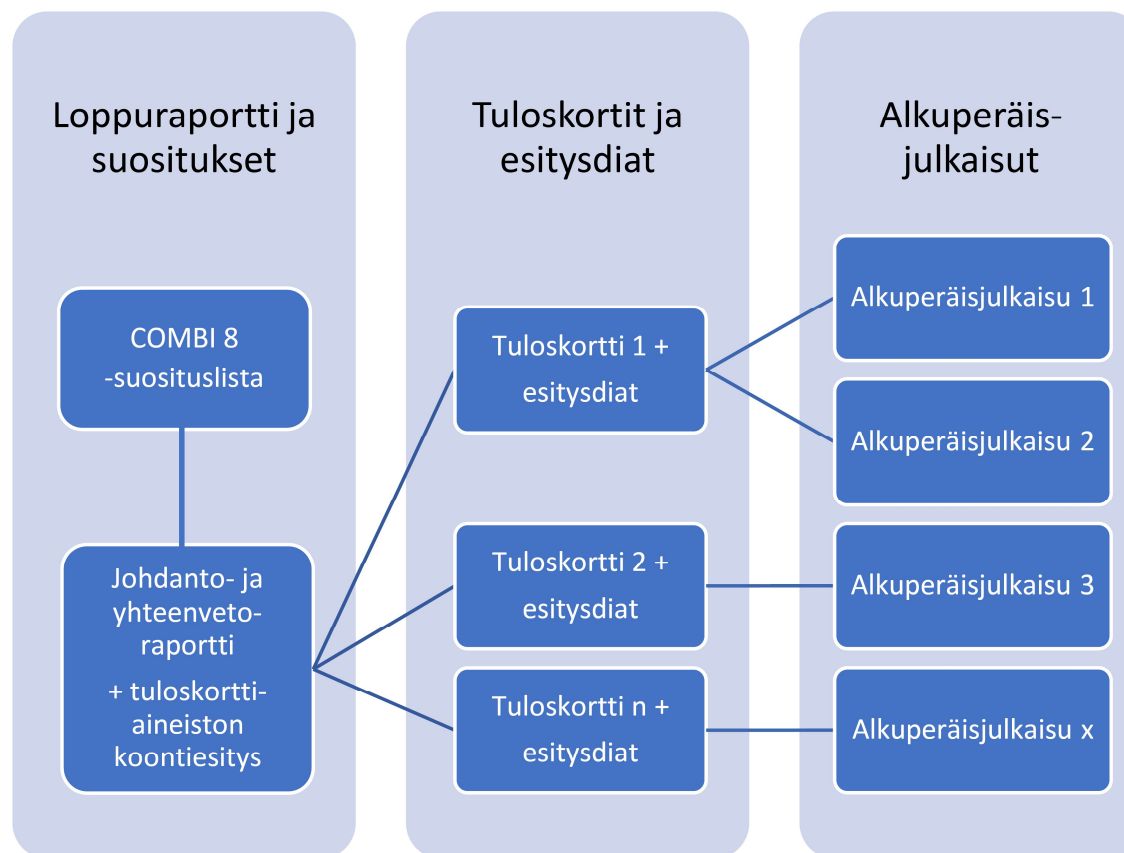
4. TaTe-toimivuustarkastelu ja toimivuustarkastuskortti (TAMK, TTY-RP)
5. Hyvän sisäilmaston varmistaminen takuuajana (TTY-RP)

Olosuhteiden ja energiankulutuksen seuranta

6. Olosuhdemittauksilla todennetaan tavoitteiden saavuttaminen (TAMK)
7. Järkevä sähkötehon ja -energian mittaus lisää ylläpidon tehokkuutta (TAMK)
8. Lämpöenergian kulutusta kannattaa seurata nykyistä tarkemmin (TAMK)
9. Energiankulutustietojen kerääminen, analysointi ja hyödyntäminen (TAMK)

WP5: 3 tutkimusosiota, **9** tulostkorttia, **9** diaesitystä, **2** kv-artikkelia, **20** muuta taustajulkaisua

COMBI -hankkeen julkaisut ja yhteenvedot



COMBI -hankkeen julkaisut ja yhteenvedot (24.1.2019)

Julkaisut ja yhteenvedot	WP2	WP3	WP4	WP5	Yhteensä	Kesken
Tuloskortit	9	19	8	9	45	
Diaesitykset	6	18	8	9	41	4
Kv. lehti- ja konf.artikkelit	2	14	3	2	21	11
Muut taustajulkaisut	8	22	9	20	59	6
Yhteenvedodiaesitys					1	
Yhteenvetoraportti					1	
COMBI 8 -suositukset					1	
Yhteensä	25	73	28	40	169	21

Varsinaiset julkaisut: **79 kpl**, Yhteenvedot ja koosteet: **90 kpl**

Hankkeeseen liittyvät opinnäytetyöt (34 kpl)

Väitöskirjat 4 kpl (Tapio Kaasalainen, Taru Lindberg, Petri Annila, Pauli Sekki)

Diplomityöt 17 kpl (TTY-RF: 9 kpl, TTY-RP: 2 kpl, TTY-ARK: 4 kpl, Aalto: 2 kpl)

Insinöörityöt 13 kpl (TAMK)

COMBI -hankkeen tulospankki (24.1.2019)

Julkaisut on jaoteltu COMBI-hankkeen kotisivuilla rakennushankkeen vaiheen ja suunnittelu-osapuolten mukaan. <https://research.tuni.fi/rakennusfysiikka> → COMBI → Julkaisut

Julkaisut on sijoitettu siihen kohtaan rakennusprosessia, jossa niitä voidaan parhaiten hyödyntää. Monissa julkaisuissa on tietoa kuitenkin useisiin rakennusprosessin vaiheisiin liittyen.

	Tilaaminen	Suunnittelu	Toteutus	Käyttöönotto	Käyttö ja huolto	Määräykset ja sovellusohjeet	Yhteenvedot	Yhteensä
ARK	7	18					3	26
RAK	7	37	5		14			64
TATE	20	21	1		34	2		79
Yht.	34	76	6		48	2	3	169

Kiitos!

