

# COMBI

COMPREHENSIVE DEVELOPMENT OF  
NEARLY ZERO-ENERGY  
MUNICIPAL SERVICE BUILDINGS



---

# ENERGIATEHOKKAAN RAKENNUKSEN HANKEPROSESSI

---

Juhani Heljo, Tampereen yliopisto  
(Perustuu pitkälti Olli Teriön tekemään aineistoon)

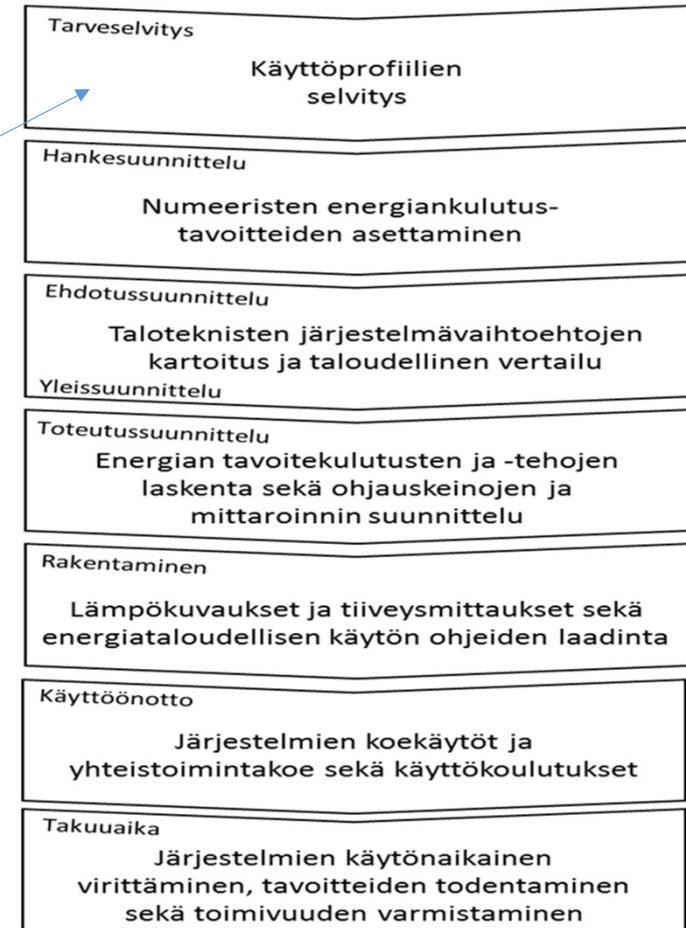
# Tarveselvitys

## Jos tarveselvitystä ei laadita ?

Tällöin tilojen todellinen käyttö voi olla hyvin erilaista hankkeen suunnittelijan omaan arvioon tai energialaskennan lähtötietoihin verrattuna.

Kun käyttöprofiilit eli käyttöajat tiedetään, on suunnittelijoilla mahdollisuus suunnitella rakennus toimimaan energiatehokkaasti.

Hankkeen valmistuttua tilojen käyttö voi kuitenkin olla erilaista kuin mikä oli suunnittelun perustana ja siksi käyttöönottovaiheessa pitää tehdä vielä tarkistuksia tarpeenmukaisen ohjauksen osalta.



# Hankesuunnittelu

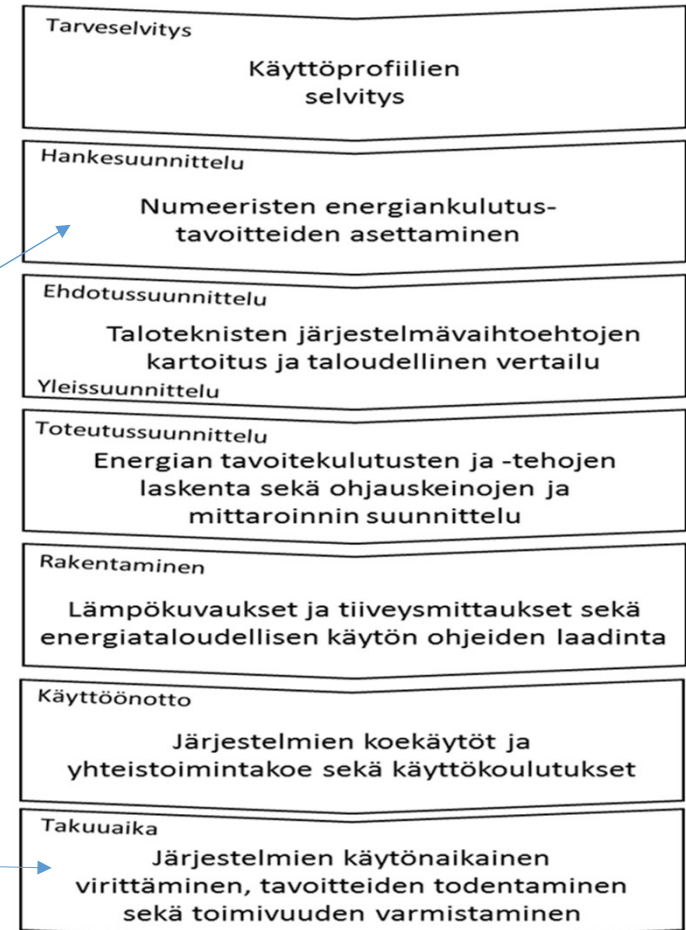
## **Hankesuunnittelussa asetetaan mitattavat energiatehokkuustavoitteet**

Nykyiset rakennuslupaa ja energiatodistuksia varten tehdyt laskelmat ja todellinen energiankulutus eivät vastaa toisiaan palvelurakennuksissa.

Hankesuunnitteluvaiheessa tulee asettaa riittävästi eriteltyt energian käytön ja olosuhteiden mitattavat tavoitteet käyttöprofiilit huomioiden. Tavoitteet tulee asettaa toisaalta paljon energiaa kuluttaville järjestelmille ja toisaalta sellaisille järjestelmille, joihin käyttäjät ja säätötavat voivat vaikuttaa.

**Miten mitataan?**

**Onko mitattu?**

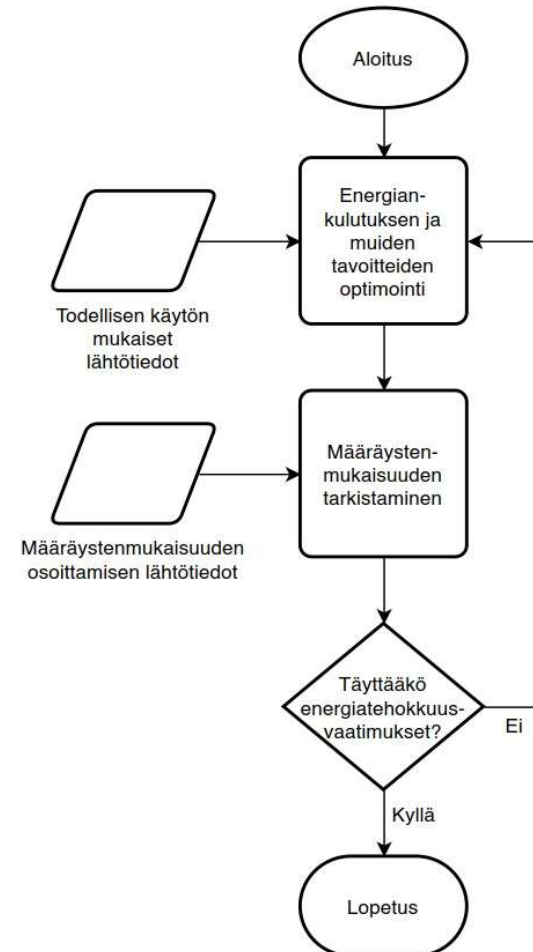


# Energiankulutuksen laskennan lähtötiedot

## *Lasketaan todellisilla arvoilla!*

Määräystenmukaisuustarkistus ja energiatodistus tehdään asetuksen vaatimusten mukaan

- E-lukulaskennan mukaisen ja laskutuksen perusteena olevan ostoenergiankulutuksen välillä oli huomattava ero erityisesti lämpöenergiankulutuksen osalta.
- Laskentamenetelmän vaihtaminen kuukausitason laskennasta simulointiin ei automaattisesti muuttanut laskentatuloksia merkittävästi. Tarkempia tuloksia varten tarvitaan ensisijaisesti tarkempia lähtötietoja.
- Rakennuksen energiatehokkuustoimenpiteiden valinnassa on suositeltavaa käyttää mahdollisimman hyvin kohdekohtaisia tietoja kuvaavia arvoja.

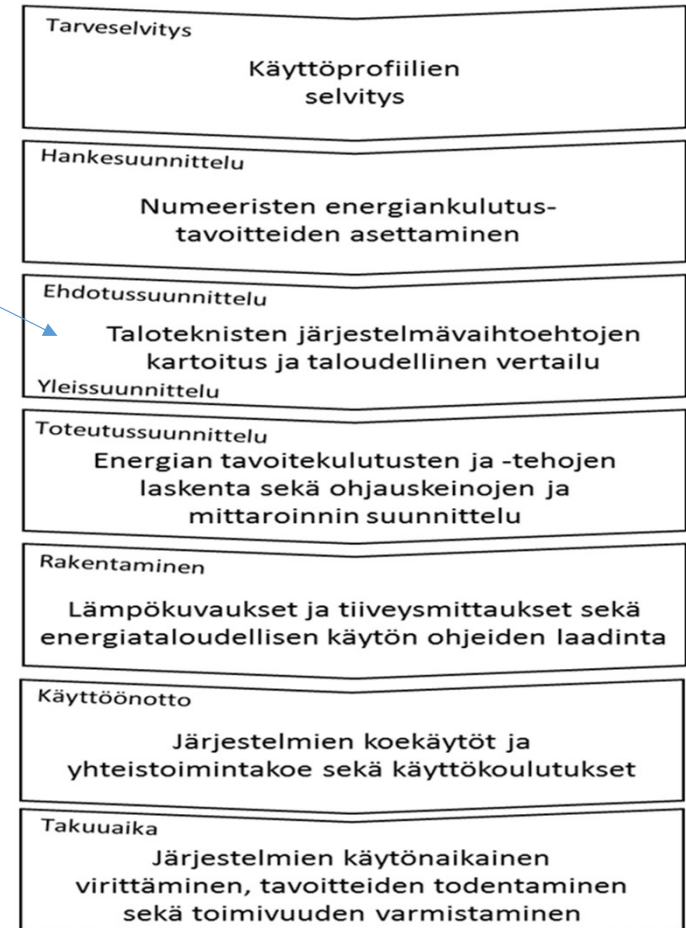


Kuva: Anssi Laukkarinen

# Ehdotussuunnittelu

## *Ehdotussuunnittelussa etsitään uusia ratkaisuja*

Uusien ratkaisujen käyttäminen vaatii niiden huomioimista jo hyvin aikaisessa suunnittelun vaiheessa.



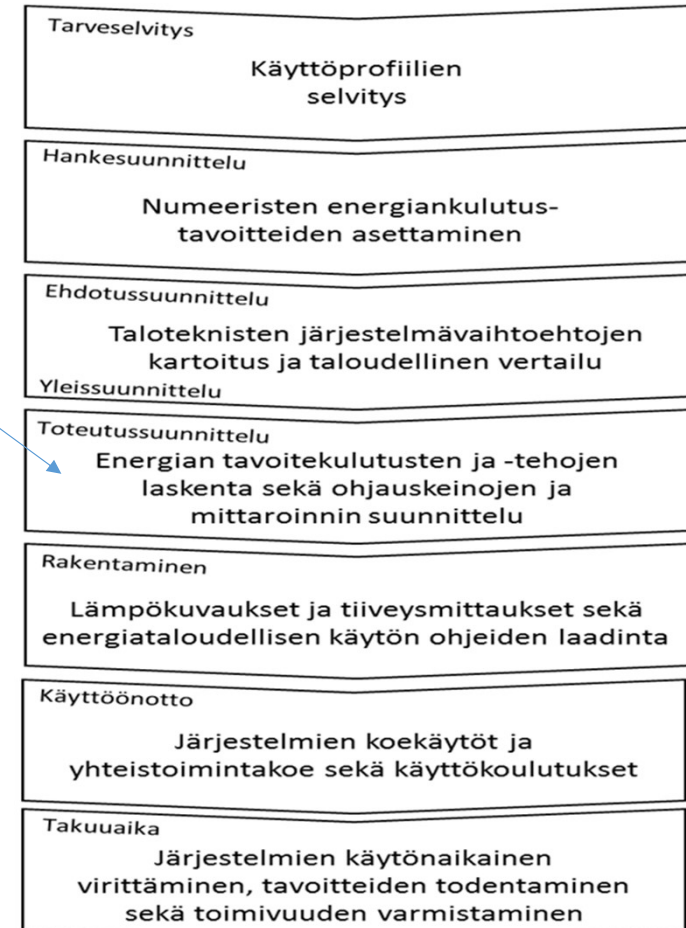
# Toteutussuunnittelu, energiakortti avuksi

## *Toteutussuunnitteluun uutta otetta*

COMBI-hankkeessa on luotu ”energiakorttipohja”, jossa muun muassa esitetään ehdotus erikseen mitattaville kulutuskohteille.

Uutena pääperiaatteena on, että rakennuksen energian tehon tarve selvitetään sään ja muiden keskeisten muuttujien suhteen. Käyttönoton jälkeen saadaan nopeasti käsitys rakennuksen energiatehokkuudesta, kun todellista tehonkulutusta verrataan suunnitelmien mukaiseen tehonottoon. Kortin uskotaan helpottavan täsmällisten numeeristen energiatehokkuus- ja sisäilmatavoitteiden asettamista ja todentamista.

Suunnittelijoilta pitää tilata selkeät selostukset järjestelmien päätoimintaperiaatteista ja energiatehokkaan käytön ohjeet eri käyttötilanteisiin.



# Energiakortti

## Tavoitteiden asettaminen ja kirjaaminen

- Yhteen A4-dokumenttiin avainluvut
- Täsmällisyys, yksiselitteisyys

## Tavoitteiden todentaminen

- Tapre toimivuustarkastelu / ToVa
- Toimiiko rakennus tavoitteiden mukaan
- Toimiiko rakennus tarpeiden mukaan

## Epäselvyyshavainto:

Suunnittelukokouspöytäkirjoissa olevissa kirjauksissa oli useissa kohtaa epätäsmällisyyksiä tai jopa virheellisyyksiä. Esimerkiksi lämmöntalteenoton hyötysuhdeluvuista ei jälkikäteen pystytty päättelemään, mitä suuretta niillä tarkoitettiin. Epäkohtia olivat erityisesti lukujen yhteydessä olevien **termien ja yksiköiden epätäsmällisyys**.

Combi energiakortti - toimivuuden tarkastelu ver.2.1 - Luonnos 16.8.2016

Combi energiakortti - toimivuuden tarkastelu ver.2.1 - Luonnos 16.8.2016				
Perustiedot	Kohde	5 ryhmän päiväkotia, Tampere		
	Rakennustyyppi	Päiväkoti		
	Tilavuus (RH1-lomake)	6450	m <sup>3</sup>	
	Rakennuksen kokonaisala	1603	m <sup>2</sup>	
	Lämmin nettoala A <sub>netto</sub>	1456	m <sup>2</sup>	
Sisäilmaluokka	52			
Toimivuuden tarkastelu	Toimivuuden tarkastelu PVM	25.2.2016		
		Suunniteltu	Toteutunut	Yksikkö
	Uikolämpötila	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	%
Lämmitys ja ilmanvaihto	Ilmanvaihto, poistoilmamäärä	3,7	3,5	m <sup>3</sup> /s
	Ilmanvaihto, erillispoistojen ilmamäärä		0,8	m <sup>3</sup> /s
	Lämmitysteho, ilmanvaihto	28,3	42,9	kW
	Vaipan ominaislämpöhäviö kerroin	0,416	0,416	kW/K
	Vaipan lämmön kulutus	8,2	8,9	kW
<b>Vaippa + Ilmanvaihto</b>	<b>36,6</b>	<b>51,7</b>	<b>kW</b>	
Lämmin käyttövesi		6	kW	
Sähkön käyttö	Ilmanvaihtokoneiden sähköteho	5	5	kW
	Erillispoistojen sähköteho	1	1	kW
	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
<b>Sähkö yhteensä</b>	<b>27,2</b>	<b>23,4</b>	<b>kW</b>	
Lämpökuormat	Lämpökuorma ihmisistä	9	6	kW
	Kiinteistöenergia	3	4,8	kW
	Valaistus	10,6	8,0	kW
	Auringon säteily ikkunoista		0	kW
	Sähkölaitteet			kW
<b>Ilmaenergia yhteensä</b>	<b>22,6</b>	<b>18,8</b>	<b>kW</b>	
Yhteenveto	<b>Laskennallinen ostoenergian teho</b>	<b>41,1</b>	<b>56,3</b>	<b>kW</b>
	Kaukolämpö - teho mitattu (tuntikesiarvo)		30	kW
	Sähkö - teho mitattu (tuntikesiarvo)		30	kW
	<b>Mitattu teho yhteensä</b>	<b>41,1</b>	<b>60</b>	<b>kW</b>



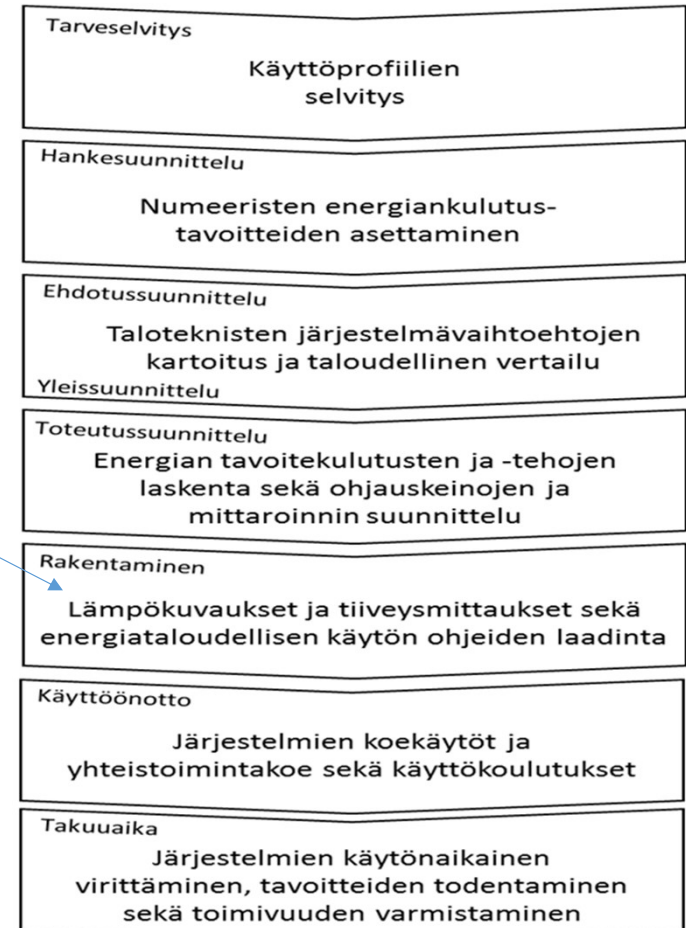
# Rakentaminen

## ***Rakentamisen laadunvarmistuksessa potentiaalia***

Suunnitelmissa tulee esittää riittävästi detaljeja haasteellisista rakenteiden liitoskohdista.

Tiiveysmittaukset ja lämpökuvaukset toimivat myös ennaltaehkäisevänä toimenpiteenä.

Rakennukseen asennettavien mittausantureiden sijoittelussa on huomioitava, etteivät lämpökuormat tai ilmavirrat ohjaa järjestelmiä virheellisesti.



# Käyttöönotto

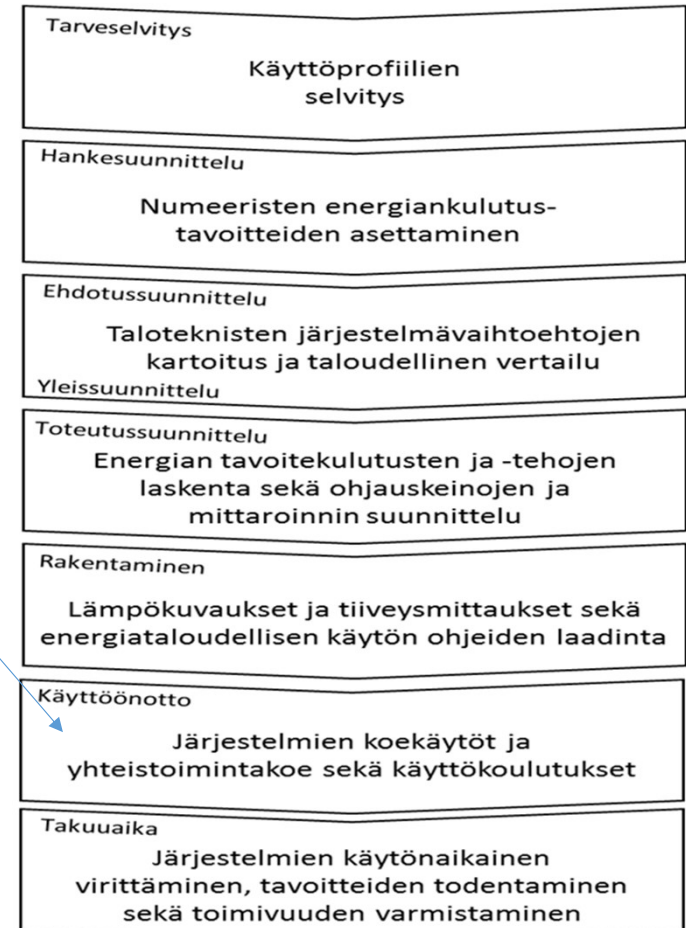
## *Suunnittelijat mukaan käyttöönottoon*

Käyttöohjeiden puuttuminen tai niiden huono ymmärtäminen on iso ongelma.

Ymmärrys järjestelmien toimintaperiaatteista voi alun perin jäädä saamatta.

Yksi ratkaisu on, että suunnittelijat ovat mukana käyttökoulutuksissa

Suunnittelusopimuksia ei pidä tehdä liittämällä pelkät tehtäväluettelot kaavamaiseen sopimuslomakkeeseen. Erikoissuunnittelun tehtäväluetteloiden käyttöönottovaiheeseen liittyviä erikseen tilattavia tehtäviä kannattaa ottaa runsaasti mukaan.



# Takuuaika

## *Takuuaikana ohjataan käyttäjät oikeille raiteille*

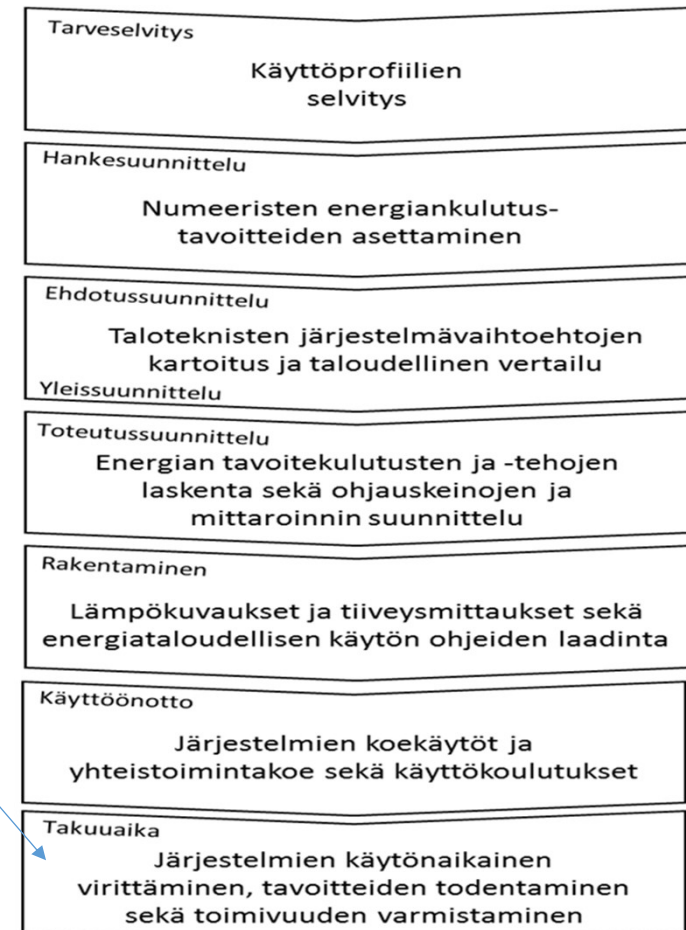
Ennen käyttöönottoa järjestelmät testataan ja säädetään, mutta silloin voidaan kuitenkin tarkistaa ainoastaan toimivatko järjestelmät suunnitelmien mukaisesti ja tavoiteltujen virherajojen puitteissa.

Vasta käyttäjien saapumisen jälkeen saadaan aikaan todelliset käyttöolosuhteet, jotka voivat olla erilaiset kuin mihin suunnittelijan ratkaisut perustuivat.

**Ensimmäisenä vuonna** tarvitaan tehostettua ilmanvaihtoa, mikä pitää ohjeistaa!

**Toisena vuotena** voidaan panostaa energian optimaaliseen käyttöön ja ohjata järjestelmät toimimaan todellisen tarpeen mukaan. Tässä vaiheessa tarvitaan vielä käyttäjien koulutuksen kertaus.

On tärkeätä, että **käyttöohjeet** valmistuvat viimeistään tilojen käyttöönoton yhteydessä, jotta niitäkin ehditään korjata ja selkeyttää takuuaikana.



# Lähteet

---

## COMBI loppuraportti

Juha Vinha, Anssi Laukkarinen, Tapio Kaasalainen, Pirkko Pihlajamaa, Olli Teriö, Juha Jokisalo, Petri Annila, 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. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-15-4306-7>