

Lähes nollaenergiarakennuksen lämpötilan hallinta ePilotti-hankkeessa

Antti Lakka¹

¹ Tampereen Tilapalvelut Oy

Tiivistelmä

Tampereen kaupungin valmistuneet uudisrakennukset ovat vuodesta 2013 alkaen täyttäneet pääosin uusien 2018 voimaan astuneiden lähes nollaenergiarakentamisen määräysten vaatimustason. Tämän ansiosta Tampereen Tilapalvelut Oy:lle on kertynyt kokemusta energiatehokkaasta rakentamisesta useiden vuosien ajalta.

Haasteena on ollut energiatehokkaiden rakennusten lämpeneminen lämmityskauden ulkopuolella. Kokemusten mukaan vakiolämpötilaisella tuloilmalla varustettu ilmanvaihtojärjestelmä yhdistettynä puutteelliseen lämpökuormien torjuntaan lisää tilojen liiallista lämpenemistä. Ulkovaipan korkea eristystaso ei sen sijaan vaikuta liialliseen lämpenemiseen.

Vuonna 2018 Tampereen Tilapalvelut Oy toteutti ePilotti-kohteessa uutta lähes nollaenergiarakentamisen rakentamistapaansa. Rakentamistavan kolme elementtiä ovat tilojen suojaaminen äärimmäisiltä ulkolämpötiloilta, sisälämpötilan hyvä säädettävyys ja riittävä peruslämmitys. Vähäisen lämmitystarpeen vuoksi ePilotin opetustiloihin ja käytäville ei asennettu perinteisiä lämmityspattereita tai lattialämmitystä. Sen sijaan kohde varustettiin ilmanvaihtolämmityksellä ja ilmanvaihdon kaksoiskanavajärjestelmällä. Ratkaisu mahdollistaa vaihtuvalämpötilaisen tuloilman jopa vierekkäisiin luokkiin ja ilmamäärän pienentämisen käyttöajan ulkopuolella aina 10 prosenttiin normaalimäärästä. Lämmityksen ja ilmanvaihdon havaittiin ensimmäisen käyttövuoden aikana toimivan tarkoitettulla tavalla ja yllilämpöongelman havaittiin olevan aiempaa vähäisempi.

1. Johdanto

Tilapalvelut on kehittänyt energiatehokasta rakentamistapaa ja pilotoinut sitä vuonna 2018 toteutetussa hankkeessa, ns. ePilotissa. Kohteena oli Johanneksen koulutalon lisärakennus Pikkukoulu. Ratkaisua on ollut kehittämässä Tilapalvelut Oy:n asiantuntijoiden lisäksi ollut muun muassa VTT (kuva 1).

Tilapalveluiden energiatehokas rakentamistapa koostuu kolmesta elementistä suojaus, säätö ja peruslämmitys. Ratkaisun tavoitteena on ollut palauttaa mahdollisuus tilakohtaiseen lämmönsäätöön ilman erillistä jäähdytysjärjestelmää. Ilmanvaihtoon perustuvan lämmönsäädön palauttamisen tavoitteena on karsia taloteknisiä järjestelmiä, vähentää tilojen liiallista lämpenemistä, vähentää energiankulutusta ja parantaa sisäilmaolosuhteita.



Kuva 1. Pilottikohteena vuonna 2018 valmistunut Johanneksen koulutalon Pikkukoulu

2. Haasteena liika lämmittäminen

Energiatehokkaissa rakennuksissa on haasteena lämpötilan säätäminen varsinaisen lämmityskauden ulkopuolella. Asia konkretisoituu tarkastelemalla Johanneksen koulun yhden 55-neliöisen opetustilan lämpöhäviöitä, kun ulkolämpötila on 15 °C ja sisäilman lämpötila 21 °C. Nykyisten vuoden 2018 rakennusmääräysten viitearvojen mukaisen ulkovaipan kautta lämpöhäviö on 160W. Mikäli rakennus olisi toteutettu vuoden 2003 määräysten mukaisilla rakenteilla, lämpöhäviö olisi 250W. Verrattuna 25 oppilaan tuottamaan 2500 W:n lämpökuormaan, vaipan lämpöhäviön viilentävä vaikutus ei ole merkittävä. Kun tilaan tuleva 221 l/s ilmamäärä lämmitetään ilmanvaihtolaitteilla 15 °:sta 21 °:een, tarvittava lämmitysteho on 1584W, jolla on merkittävä tilaa lämmittävä vaikutus. Luvuista havaitaan, että energiatehokkaan rakennuksen ylikäynnistyksiä ei voida estää palaamalla 15 vuoden takaiseen eristystasoon. Sen sijaan ylikäynnistyksiä voidaan hillitä kehittämällä sellainen ilmanvaihtoratkaisu, joka hyödyntää tehokkaasti vapaatuuletusta ja jonka tuloilman lämpötilaa voidaan säätää huonekohtaisesti.

Lämmityskauden ulkopuolella nykyisiä uudisrakennuksia lämmitetään ilmanvaihdon kautta lähes poikkeuksetta liikaa. Tuloilmaa lämmitetään, jotta käyttäjät eivät kokisi vedon tunnetta. Kun tilassa on käyttäjiä tai muuta lämpökuormaa, tilojen lämpötila alkaa nousta eikä tuloilman lämpötilaa pystytä laskemaan. Käyttäjälle ilmiö näyttää uuden rakennuksen ylikäynnistyksiä ja liiallisena eristämisenä vaikka kyse on liiallisesta lämmittämisestä ilmanvaihdon avulla. Energiatehokkaita rakennuksia onkin tapana varustaa erillisellä jäähdytysjärjestelmällä./1/

3. Energiatehokas rakentamistapa

Tilapalveluiden energiatehokas rakentamistapa muodostuu kolmesta elementistä /2/:

- A) Suojaus
 - suojautuminen äärimäisiltä sääolosuhteilta
- B) Säätö
 - tilakohtainen säätö lämmittämällä
- C) Peruslämmitys
 - peruslämmitys huipputehon tarvetta varten.

3.1 Elementti A suojaus

Energiatehokkaassa rakentamistavassa suojaudutaan äärimmäisiltä sääolosuhteilta, joilla tässä tarkoitetaan talven huippupakkasia ja kevään ja kesän lämpimiä päiviä. Niiden liialliset vaikutukset sisäolosuhteisiin eliminoidaan passiivisin (=rakenteellisin) keinoin. Näitä ovat:

- korkea eristystaso
- kylmäsiltojen välttäminen
- rakenteellinen aurinkosuojaus
- lämpökuormien vähentäminen

Myös muita kuin sääolosuhteista johtuvia lämpökuormia pyritään minimoimaan valitsemalla vähän lämpöä tuottavia laitteita ja sijoittamalla lämpöä tuottavia laitteita mahdollisuuksien mukaan ulkovaipan ulkopuolelle.

Äärimmäisten sääolosuhteiden vaikutukset pyritään eliminoidaan, jotta lämmityksen ja jäähdytyksen huipputehon tarvetta saadaan alennettua. Suoran energiatehokkuuden lisäksi alhaisesta tehontarpeesta saadaan muitakin etuja. Rakennuksessa voidaan esimerkiksi hyödyntää heikkotehoisia ilmaisenergioita kuten tuuletusta ja omaa sähköntuotantoa aurinkopaneeleilla.

Mikäli passiivisia keinoja ei voida käyttää tai ne eivät ole riittäviä, joudutaan tilaan lisäämään jäähdytyslaite tai normaalia tehokkaampi lämmityslaite.

3.2 Elementti B säätö

Uudessa rakentamistavassa säädetään lämpötilaa tilakohtaisesti myös varsinaisen lämmityskauden ulkopuolella. Lämmitys toteutetaan ilmanvaihtolämmityksellä, jonka tilakohtainen säätö toteutetaan tuloilmakanavaan sijoitettavalla jälkilämmittimellä. Tuloilma on siis vaihtuvalämpöistä siten, että lämmityskaudella sen lämpötila voi olla jopa 20 astetta muuta huoneilmaa lämpimämpää. Vastaavasti kevään ja kesän yllilämpötilanteissa tiloja tuuletetaan lämmittämättömällä ulkoilmalla.

Järjestelmä eroaa 80-luvun ilmalämmityksestä siinä, että ilmamäärät määräytyvät ilmanvaihdon tarpeen mukaan eikä lämmitystarpeen mukaan. Nykyisestä valitsevasta ilmanvaihdosta ratkaisu eroaa siinä, että tuloilma ei ole kesät-talvet tasalämpöistä.

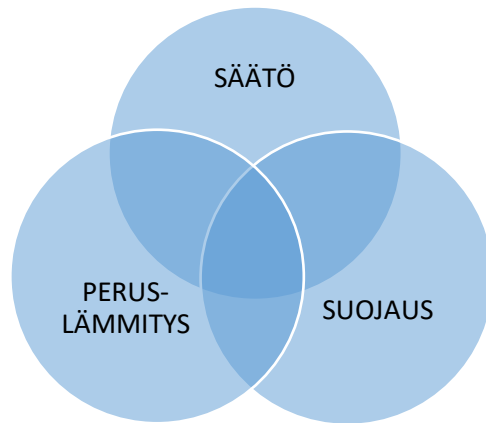
3.3 Elementti C peruslämmitys

Talven huippupakkasia varten rakennus varustetaan peruslämmityksellä, jonka tehtävä on taata riittävä lämmitysteho. Peruslämmitys on käytössä vain keskitalvella ja muun ajan vuodesta riittää pelkkä tilakohtainen ilmanvaihtolämmitys.

Tilan peruslämmitys voi olla melkein mikä tahansa nykyisistä lämmönjakotavoista, kuten lattialämmitys ja lämmityspatterit. Peruslämmityksen säädettävyyden ei tarvitse olla kovin hyvä. Käytännön kokemus asuintaloista ja ryhmäkodeista kuitenkin osoittaa, että peruslämmityksenä riittää ilmanvaihtokoneen jälkilämmityspatteri. Koska rakennus täytyy joka tapauksessa varustaa ilmanvaihtokoneen lämmityspatterilla, ei rakennusta tarvitse varustaa muulla peruslämmityksellä ilman erityistä syytä.

3.4 Suunnittelemisen kokonaisuutena

Energiatehokkaan rakentamisen elementit muodostavat viitekehysten, jonka osat ovat toisistaan riippuvaisia. Mikäli jokin elementeistä jätetään toteuttamatta esitetyllä tavalla, energiatehokkaan rakentamisen kokonaisuus ei enää toimi tarkoitetulla tavalla. Rakennus on suunniteltava kokonaisuutena toteuttaen kaikki kolme elementtiä (kuva 2).



Kuva 2. Energiatehokkaan rakentamisen viitekehys.

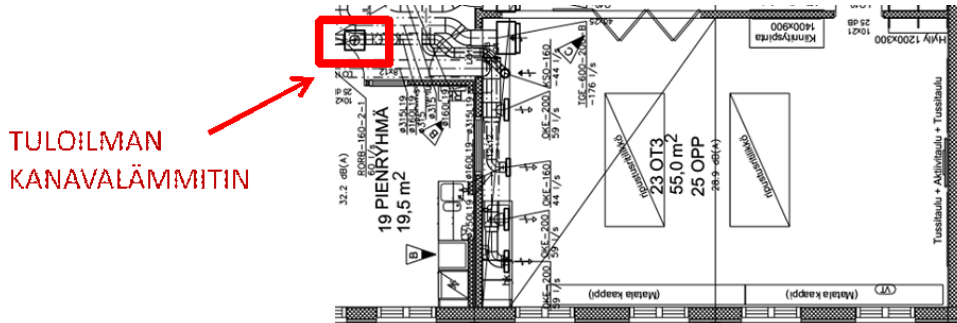
Esimerkiksi vapaatuuletus on mahdollista saada toimimaan tehokkaasti, mikäli sekä ikkunoiden aurinkosuojaus että tuloilman lämpötilan säätö on toteutettu esitetyllä tavalla. Huonekohtaisen tuloilman lämpötilan säädön ansiosta vapaatuuletusta voidaan kohdistaa niihin huoneisiin, joissa on muita suurempi lämpökuorma. Lisäksi riittävän aurinkosuojauksen ansiosta pystytään lämpökuormia kompensoimaan tuuletuksella vaikka sisä- ja ulkoilman lämpötilan ero on pieni. Vain yhden mainitun elementin toteuttaminen viitekehyksessä kuvatulla tavalla ei tuota tavoiteltua tulosta vaan molemmat elementit pitää toteuttaa. Tässä tapauksessa molempien elementtien toteuttaminen parantaa sisäilmaolosuhteita, vähentää tarvittavien järjestelmien määrää ja vähentää tarpeetonta energiantarvetta.

4. ePilotti-kohteen lämmitys- ja ilmanvaihtoratkaisu

Johanneksen koulutalon lisärakennus täyttää vuonna 2018 voimaan astuneet lähes nollaenergiarakentamisen määräykset ja edustaa energialuokkaa A. Ilmanvaihtojärjestelmä on suunniteltu uudella tavalla ja sitä hyödynnetään varsinaisen ilmanvaihdon lisäksi rakennuksen lämmittämiseen ja kesällä viilentämiseen. Rakennuksessa ei ole lainkaan perinteisiä lämmityspattereita ja lattialämmityskin lähinnä vain kuraeteisessä (kuva 2). /3/ Ilmanvaihto on toteutettu siten, että 556 neliöinen rakennus on varustettu kahdella ilmanvaihtokoneella ja kaksoiskanavaratkaisulla. Pienempi IV-kone TK02 palvelee kaikkia tiloja ja on aina päällä. Suurempi IV-kone TK01 palvelee luokkahuoneita ja on päällä ainoastaan käyttöaikana.

Molemmat ilmanvaihtokoneet on varustettu tehokkailta jälkilämmityspattereilla, jotka vastaavat tilojen lämmityksestä. Käyttöajan ulkopuolella tilojen lämmityksestä vastaa yksinään pienempi kone TK02, jonka lämmitysteho on mitoitettu siten, että se riittää koko rakennuksen lämmittämiseen. Tarvittavaan lämmitystehon tarpeeseen vaikuttaa merkittävästi ilmaston ilmamäärä. Koska käyttöajan ulkopuolella isompi kone TK01 ei ole käynnissä, on lämmöntarve käyttöajan ulkopuolella merkittävästi pienempi ja pienempi kone TK02 suoriutuu yksinään siitä.

Huoneiden lämpötilan säätö tapahtuu kanavalämmittimillä, jotka on sijoitettu tilakohtaisesti pienemmän koneen TK02 ilmanvaihtokanaviin. Tuloilma voi olla ylimmillään 40 asteista ja alimmillaan 17 asteista riippuen lämmön tarpeesta ja lämpökuormista. Ratkaisun erityinen etu on siinä, että vierekkäisten tilojen tuloilman lämpötila voi olla erilainen, jolloin yhtä tilaa voidaan viilentää ja samanaikaisesti vieressä olevaa tilaa voidaan lämmittää (kuva 3).

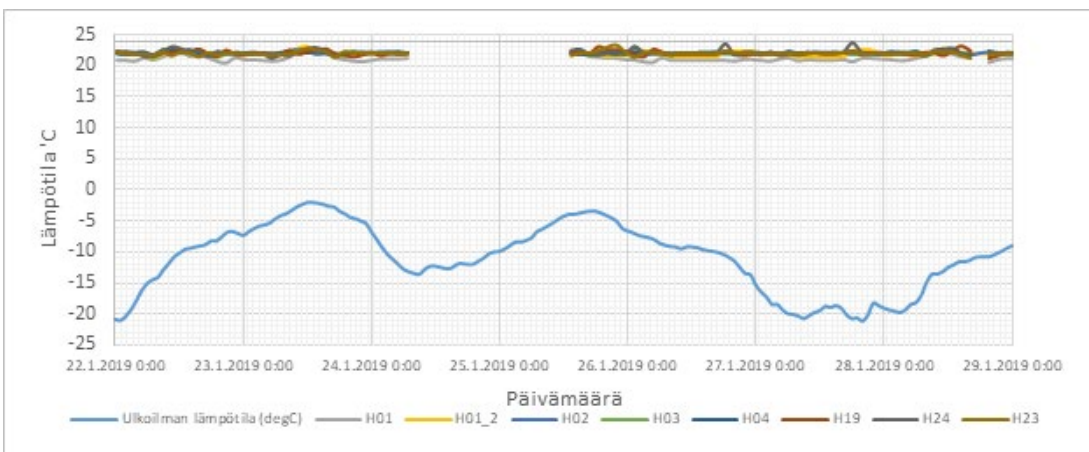


Kuva 3. Opetustilan ilmanvaihdon kaksoiskanavaratkaisu ja tilakohtaiseen lämmönsäätöön tarkoitettu kanavalämmitin. Tiloissa ei ole muita lämmittimiä kuten lämmityspattereita tai lattialämmitystä.

Kuvan 3 opetustilan käyttötilanteen mukainen ilmamäärä on 221 litraa sekunnissa, josta pienemmän ilmanvaihtokoneen TK02 osuus on 44 litraa sekunnissa. Kun isompi kone TK01 on käyttöajan ulkopuolella sammutettuna, tilan ilmamäärä on 20 prosenttia maksimista. Pienemmän koneen ilmamäärää voidaan käyttöajan ulkopuolella vielä pienentää 50 prosenttia, jolloin ilmamäärä käyttöajan ulkopuolella on enää 10 prosenttia. Näin pieneen hallittuun ilmamäärään ei normaalilla yksiskanavaratkaisulla ole mahdollista päästä.

5. Lämpöolosuhteet ePilotti-kohteessa

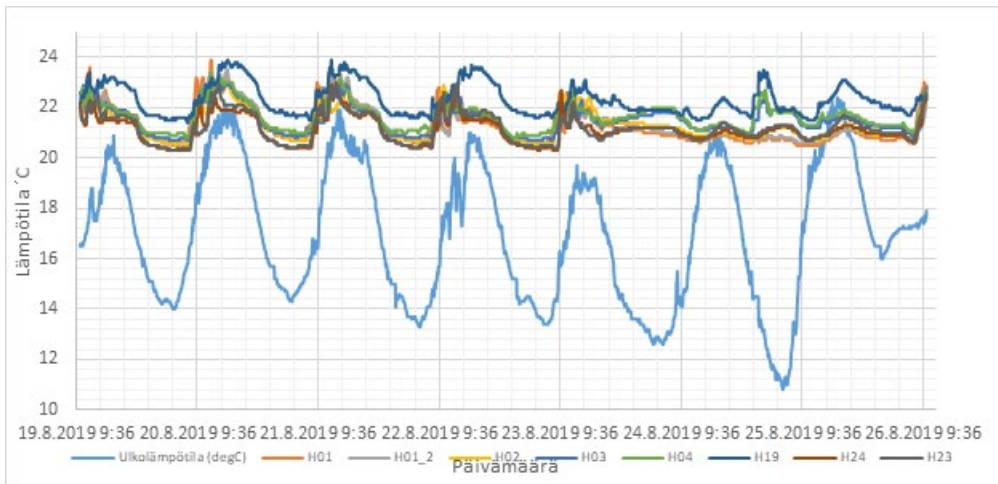
Huonelämpötilojen havaittiin ePilotti-kohteessa säilyvän pakkaskaudella varsin hyvin tavoitearvoissa. Tarkastelujaksolla 21.-29.1.2019 ulkolämpötila laski ajoittain -20 asteeseen Celsiusta. Sisälämpötilan havaittiin säilyvän 21 - 24 asteessa, eikä lämmityspattereiden poisjättäminen näyttäisi aiheuttavan tilojen liiallista jäähtymistä (kuva 4).



Kuva 4. ePilotti-kohteen sisäilman lämpötila lämmityskaudella 21.-29.1.2019.

Lämmityskauden ulkopuolella jaksolla 18.-26.8.2019 ulkolämpötila vaihteli korkeimmillaan 21-23 asteessa sisälämpötilan pysyessä hyvin tavoitearvoissa 21-24 astetta. Tehtyjen havaintojen

mukaan varsinaisella helteellä ratkaisu ei enää pysty estämään sisätilojen lämpenemistä, mutta silloinkin sisäilma on 1-2 astetta viileämpänä kuin ulkolämpötila. Helleajan hyvä tulos on lähinnä yötuuletuksen ansiota. Myös lämmöntalteenoton käynnistyminen hellepäivinä viilentää tuloilmaa (kuva 5).



Kuva 5. ePilotti-kohteen sisäilman lämpötila lämmityskauden ulkopuolella 19.-26.8.2019.

6. Yhteenveto

ePilotti-kohteessa saavutettiin hyvä energiatehokkuus ja se on Tilapalveluiden ensimmäinen vuoden 2018 määräysten mukainen energialuokan A rakennus. Tavoitteeseen päästiin kohtuullisin kustannuksin 2477 euroa/br-m². Ratkaisu pienentää energiatehokkaiden rakennusten ylitämpöongelmaa, mutta tähän tarkasteluun ei sisälly varsinaista vertailua verrokkikohteisiin. Energiatehokas rakentamistapa ei itsessään lisää ylitämpöä ja jäähdytystarvetta vaan syy sisälämpötilan liialliseen kohoamiseen on rakennuksen liika lämmittäminen ilmanvaihdon kautta.

Kaksoiskanavaratkaisu mahdollistaa ilmanvaihdon ilmamäärän pudottamiseen hallitusti jopa 10 prosenttiin käyttötilanteen ilmamäärästä, mikä alentaa energiakulutusta käyttöajan ulkopuolella. Uusien rakennusmääräysten mukaan ilmanvaihdon tulisi olla aina päällä eikä perinteisellä ilmanvaihtoratkaisulla ilmamäärää ole mahdollista pienentää näin paljon sulkematta joidenkin tilojen ilmanvaihtoa kokonaan.

Lähdeluettelo

- [1] Lakka, Antti. 2017. Lähes nollaenergiarakentamiseen valmistautuminen Tilakeskuksen kannalta. Tampereen Tilakeskus Liikelaitos. 22 s. https://tamperentilapalvelut.fi/wp-content/uploads/materiaalit/energiatehokkuus/Lahes_0-energiarakentaminen.pdf
- [2] Lakka, Antti. Valmistautuminen lähes 0-energiarakentamiseen, Tilakeskuksen uusi rakentamistapa. Rakennusfysiikka 2017. Tampereen teknillinen yliopisto, seminaarijulkaisu 5, osa 1, ss 293-298.
- [3] Saarinen, Petri. Uuden energiatehokkaan rakentamistavan toimivuustarkastelu. Diplomityön luonnos 30.7.2019. Julkaisematon.