



Taneli Harju

LÄMMÖNLUOVUTUSJÄRJESTELMÄN VALINTA

LÄMMÖNLUOVUTUSJÄRJESTELMÄN VALINTA

Taneli Harju
Lämmönluovutusjärjestelmän valinta
Kevät 2013
Talotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma

Tekijä: Taneli Harju

Opinnäytetyön nimi: Lämmönluovutusjärjestelmän valinta

Työn ohjaaja: Esa Pakonen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2013 Sivumäärä: 43 + 3 liitettä

Opinnäytetyö on tehty tilaajan Airix Talotekniikan Oulun yksikön johtajan, Juhani Mykkäsen ehdotuksesta. Lämmitysjärjestelmien puutteet eivät ole Suomen haasteellisessa ilmastossa hyväksyttäviä. Tavoitteena oli luoda opas, joka toimii rakentajien apuna lämmönluovutusjärjestelmää valittaessa.

Työssä koostetaan perustietoa lämmöstä ja sen ominaisuuksista. Käydään läpi lämpöön liittyviä käsitteitä ja selitetään, kuinka lämpö käyttäytyy huoneessa. Työssä käydään läpi yleisimmin käytettyjen lämmönluovutustapojen toimintaa ja ominaisuuksia. Selitetään myös, kuinka tilan lämmöntarve, koko ja käyttötarkoitus vaikuttavat lämmönluovutusjärjestelmän valintaan.

Työssä pohdittiin lämmönluovutusjärjestelmien sopivuutta kolmeen erityyppiseen tilaan. Tiloiksi on valittu toimisto, halli ja myymälä. Tilat ovat kooltaan ja käyttötarkoituksiltaan erilaiset, jotta päästään vertailemaan lämmönluovutusjärjestelmien erilaisia ominaisuuksia.

Lämpö on rakennuksen tärkein mukavuustekijä, ja lämpöhukka rakenteiden läpi aiheuttaa suuren osan rakennuksen elinkaarikustannuksista. Lämmönluovutusjärjestelmän harkitulla valinnalla saadaan huoneen lämpötila pidettyä miellyttävänä pitäen samalla energiankulutus mahdollisimman pienenä.

Lämmönluovutusjärjestelmien erilaisia toteutustapoja on lukuisia. Mikään lämmönluovutusjärjestelmä ei ole huono, ja harvoin tilaan sopii vain yksi tietty järjestelmä. Suunnitteluvaiheessa on arvioitava mieltymyksien, kustannuksien ja mahdollisuuksien mukaan, mitä lämmönluovutusjärjestelmältä vaaditaan.

Asiasanat: Lämpö, lämmönluovutus, patterilämmitys, kattolämmitys, lattialämmitys, ilmalämmitys.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
TERMIEN SELITYKSET	6
1 JOHDANTO	7
2 LÄMPÖ	9
2.1 Lämpöenergia	9
2.2 Lämpötila	9
2.3 Operatiivinen lämpötila	10
2.4 Lämmön siirtyminen	12
3 RAKENNUSTEN LÄMMITYS	16
3.1 Lämmitysjärjestelmät Suomessa	17
3.2 Huoneen lämmitykseen vaikuttavat tekijät	18
3.3 Lämmön tarpeen määrittely	19
3.3.1 Lämmön luovutus tilassa	19
3.3.2 Lisälämpöhäviön laskenta	20
3.3.3 U-arvo	22
4 LÄMMÖNLUOVUTUSJÄRJESTELMÄT	24
4.1 Patterilämmitys	24
4.2 Lattialämmitys	26
4.2.1 Vesikiertoinen lattialämmitys	27
4.2.2 Sähkötoiminen lattialämmitys	27
4.3 Säteilykattolämmitys	28
4.3.1 Yleisimmät säteilykattojärjestelmät	28
4.3.2 Kaasusäteilijä	30
4.4 Ilmalämmitys	32
5 VERTAILTAVAT TILAT	34
5.1 Teollisuus-/varastohalli	34
5.2 Myymälä	36
5.3 Toimistohuone	37
6 POHDINTA	39
LÄHTEET	41

LIITTEET

Liite 1 Lähtötietomuistio

Liite 2 Esimerkki lisälämpöhäviön laskemisesta

Liite 3 Rakennusosien U-arvot

TERMIEN SELITYKSET

ET-luku	Rakennuksen energiatodistuksessa näkyvä energiatehokkuusluku. Kokonaisenergiankäyttö jaetaan bruttoalalla. Mukaan lasketaan myös omina kertominaan tilojen, lämpimän käyttöveden sekä sähkölaitteiden energiankäyttö.
Hygieniä huoneessa	Ilman puhtaus, sopiva kosteus ja tasainen lämpötila.
Kalibrointi	Mittalaite säädetään näyttämään mahdollisimman tarkkaa tulosta mittausolosuhteissa.
Oleskeluvyöhyke	Huoneen osa, jonka alapinta rajoittuu lattiaan, yläpinta on 1,8 m:n korkeudella lattiasta ja sivupinnat 0,6 m:n etäisyydellä seinistä
Operatiivinen lämpötila	Kertoo sen, miltä huoneen lämpötila ihmisestä tuntuu. Ilman lämpötilan lisäksi eri pinnoista tulevat säteilylämmöt huomioitu.
Puolilämmin tila	Tila, jota ei ole tarkoitettu jatkuvaan oleskeluun normaalia sisävaatetusta käyttäen. Lämpötila +5 - 17 °C.
RakMK	Ympäristöministeriön ylläpitämä Suomen rakennusmääräyskokoelma. Lisätietoja: http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma .
U-arvo [W/(K•m ²)]	Lämmönläpäisykerroin, joka kuvaa eri rakennusosien lämmöneristyskykyä. Mitä pienempi U-arvo on, sitä parempi lämmöneristyskyky.

1 JOHDANTO

Suomen haasteelliset ilmasto-olosuhteet tekevät rakennuksen lämmönluovutusjärjestelmän valinnasta vaikeaa. Lämmönluovutusjärjestelmät tulee valita joka rakennukseen yksilöllisesti, ja normaalista poikkeavissa tiloissa valinnan tärkeys korostuu. Rakentajilla ei yleensä ole tarkempaa ja yksityiskohtaisempaa tietoa lämmönluovutusjärjestelmien soveltumisista eri tiloihin. Urakoitsijoiden välinen kilpailu on kovaa, ja tästä syystä yksilölliselle perehtymiselle ei usein jää riittävästi aikaa.

Opinnäytetyön aiheena on luoda raportin muodossa oleva opas lämmönluovutusjärjestelmän valinnasta erikoisempiin tiloihin. Opinnäytetyö on tarkoitettu erityisesti rakentajille, mutta sitä voivat käyttää kaikki, jotka haluavat laajentaa käsitystään lämmönluovutusjärjestelmien valintaan liittyvistä asioista. Opinnäytetyön tavoitteena on luoda helposti ymmärrettävää, sovellettavissa olevaa ja puolueetonta tietoa, jota rakentajat voivat käyttää apuna lämmitysjärjestelmää valittaessa. Työn tavoitteena on myös säästää rakentajalta suunnitteluvaiheessa aikaa ja pitkällä aikavälillä säästää lämmityskustannuksissa rakennuksen paremman energiatehokkuuden ansiosta. Työn tarkoituksena on kerätä tietoa lämmön luovutuksen periaatteista ja pohtia lämmitysjärjestelmien valintaan vaikuttavia tekijöitä. Opinnäytetyön aihe on tärkeä, koska lämmönluovutusjärjestelmien soveltuvuudesta erikoisempiin tiloihin on niukasti puolueetonta kirjallisuustietoa.

Työ on tehty tilaajan Airix Talotekniikan Oulun yksikön johtajan Juhani Mykkäsen ehdotuksesta. Korkea asema talotekniikan alalla antaa hänelle tietoa rakentamisessa tapahtuvista ajankohtaisista asioista. Mykkänen on kohdannut tilanteita, joissa uusissa rakennuksissa on jouduttu uusimaan lämmitysjärjestelmä, koska lämmitysjärjestelmäratkaisut ovat olleet vialliset tai puutteelliset.

On yleistä, että asiakkaalle myydään jokin lämmönluovutusjärjestelmä edulliseen hintaan, vaikka järjestelmän sopivuutta ei ole tarkemmin määritelty kyseessä olevaan tilaan. Järjestelmän sopimattomuuden vuoksi ylimääräistä

energiaa voi mennä hukkaan koko rakennuksen elinkaaren ajan. Tällöin käyttökustannukset voivat nousta huomattavasti suuremmaksi toiseen järjestelmään verrattuna.

Opinnäytetyössä koostetaan perustietoa lämmöstä, lämmön ominaisuuksista ja siitä, miten lämpö käyttäytyy huoneessa. Työssä myös esitellään yleisimmin käytetyt lämmönluovutusjärjestelmät ja avataan niiden toimintaperiaatteita. Opinnäytetyössä kuvataan kolmea erilaista tapausta, jossa tilan koko ja käyttötarkoitus vaikuttavat lämmönluovutusjärjestelmän valintaan. Työssä ei oteta huomioon, miten lämpö tuodaan rakennukseen. Vertailtaviksi tiloiksi on valittu varastohalli, joka sellaisenaan soveltuisi myös teollisuuskäyttöön, sekä toimistohuone ja myymälä. Kyseiset tilat on valittu, jotta päästään vertailemaan lämmönluovutusjärjestelmiä monipuolisesti keskenään. Valittuihin tiloihin tuotettuja ratkaisuja on myös helppo soveltaa muunlaisissa lämmönluovutusjärjestelmän valintatilanteissa.

2 LÄMPÖ

Käytämme sanaa lämpö jokapäiväisessä elämässä tietämättä tarkalleen, mitä se tarkoittaa. Jotta pystytään suunnittelemaan toimivia ja mahdollisimman energiatehokkaita lämmitysjärjestelmiä, on tiedettävä, mitä lämpö on ja miten se käyttäytyy. (1.)

Käsitteeseen ”lämpö” liittyy kaksi eri asiaa, lämpöenergia ja lämpötila. Molemmat liittyvät arkikielessä kylmän tai lämpimän kokemiseen. Kappaleet voivat luovuttaa ja vastaanottaa lämpöenergiaa. (2 s. 5.)

2.1 Lämpöenergia

Lämpö on eräänlaista energiaa, joka syntyy atomien ja molekyylien värähtelyliikkeestä. Voidaan sanoa, että aine on lämmintä, jos siihen on tullut atomitasolla liike-energiaa, joka saa atomit liikkumaan. Aineen rakennehiukkasten liikkumista tai värähtelyä kutsutaan lämpöliikkeeksi.

Kahden erilämpöisen esineen koskettaessa toisiaan osuvat viileämmän esineen värähtelevät atomit lämpimämmän esineen enemmän värähteleviin atomeihin. Atomien väliset vuorovaikutukset siirtävät liike-energiaa törmääjien välillä ja liike-energiaa alkaa levitä kosketuspinnan yli toiseen esineeseen. Atomitasolla puhutaan liike-energiasta, mutta käytännön tasolla sitä kutsutaan lämpöenergiaksi. Mitä nopeammin atomit värähtelevät, sitä enemmän niihin on kertynyt liike-energiaa ja sitä korkeampi on niiden keskimääräinen lämpötila. Kun lämpöenergia ei mainittavasti enää siirry tai tasoitu, ovat esineet samassa lämpötilassa. Lämpö ja lämpötila eivät ole sama asia, vaan lämpötila on lämpöenergian luoma ilmiö. (2 s. 5.)

2.2 Lämpötila

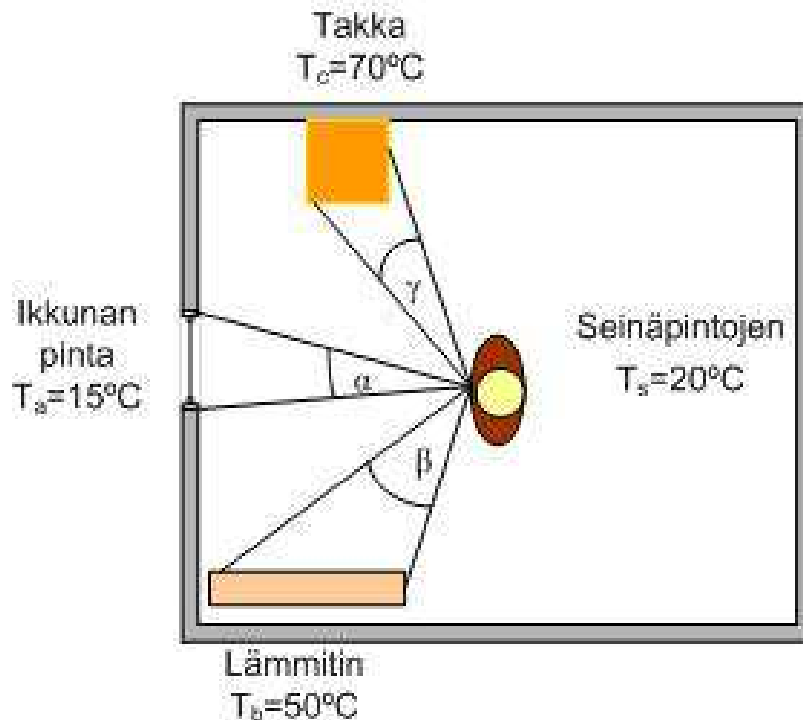
Lämpötila ilmaisee kohteen termodynaamisen lämpötilan eli absoluuttisen lämpötilan. Arkikielessä lämpötila kertoo, kuinka lämmin kohde on. Lämpötilaa mitataan yleensä lämpömittarilla, ja sen mittaamiseen voidaan käyttää eri asteikoi-
ta, kuten yleisimmin käytettyä celsiusta [°C], tieteellistä kelviniä [K] sekä joissain

maissa käytettyä fahrenheitia [°F]. Lämpötilaa mitattaessa esineen ja lämpömittarin lämpöenergiat tasoittuvat, jolloin lämpömittari viilenee tai lämpenee ja siten mittarin nestepatsas lyhenee tai pitenee. Muutos johtuu mittarin nesteen lämpölaajenemisesta, joka pidentää nestepatsasta lämpöliikkeen kasvaessa ja lyhentää sitä lämpöliikkeen vähentyessä. Kun lämpöliikkeen energiamäärä on tasoittunut lämpömittarissa ja esineessä, ovat niiden lämpötilat samat ja kyseinen lämpötila voidaan lukea mittarin asteikolta.

Sisälämpötilan saa selville mittaamalla lämpötilan huoneen keskeltä, niin sanottua oleskeluvyöhykkeeltä. Oleskeluvyöhyke ulottuu lattiasta 1,8 metrin korkeudelle, ja vyöhykkeen sivupinnat alkavat 0,6 metrin etäisyydeltä ulkoseinästä. Mittauksen voi toistaa mittaustuloksen tarkkuuden varmistamiseksi. Mittauskohdan lähellä ei saa olla myöskään lämmönlähdettä. Mittauksen tarkkuuden varmistamiseksi on käytettävä tarkasti kalibroitua mittaria ja tulokset on hyvä laittaa muistiin lämpötilojen seuraamista varten. (3 s. 21.) Jos huoneessa on lämmönlähteitä tai kylmiä pintoja, joiden lämpötilat poikkeavat yli 10 °C huoneen keskilämpötilasta, kertoo operatiivinen lämpötila ihmisen kokeman lämpötilan paremmin (4 s. 3).

2.3 Operatiivinen lämpötila

Operatiivinen lämpötila kertoo huoneen ilman lämpötilan ja kaikkien pintojen säteilemien lämpötilojen keskiarvon. Operatiivinen lämpötila vastaa sitä lämpötilaa, jonka ihminen käytännössä tuntee. Puhuttaessa operatiivisesta säteilylämpötilasta ei ole huomioitu ilman lämpötilaa. Operatiivinen lämpötila on likimäärin huoneen operatiivisen säteily- ja ilman lämpötilan keskiarvo (5). Kuvassa 1 on esimerkki Virtuaaliammattikorkeakoulun sivulta operatiivisen säteilylämpötilan laskemisen periaatteesta.



KUVA 1 Esimerkki operatiivisen säteilylämpötilan laskemisesta (6)

Karkea tulos operatiivisesta säteilylämpötilasta saadaan kertomalla pintojen lämpötilat niiden mittauspisteeseen vaikuttavilla asteluvuilla (kaava 1).

$$\alpha = 22^\circ, \beta = 30^\circ, \gamma = 15^\circ$$

Näin saadaan

$$T_s \approx \frac{[30^\circ \cdot 50^\circ\text{C} + 22^\circ \cdot 15^\circ\text{C} + 15^\circ \cdot 70^\circ\text{C} + (360^\circ - (22^\circ + 30^\circ + 15^\circ)) \cdot 20^\circ\text{C}]}{360^\circ} = 24^\circ\text{C} \quad \text{KAAVA 1}$$

Tarkemman tuloksen saamiseksi pintojen lämpötilat kerrotaan niiden näkyvyyskertoimilla. Lisätietoja löytyy Olli Seppäsen kirjasta "Ilmastointiteknikka ja sisäilmasto" sivuilta 13–17.

Operatiivisen lämpötilan tarkkaan mittaamiseen käytetään mustaa pallolämpömittaria. Pallo sijoitetaan samaan paikkaan kuin mitattaessa huoneen lämpötilaa eli oleskeluvyöhykkeelle huoneen keskelle. Lämpötilan annetaan tasaantua pallossa vähintään viisi minuuttia, jonka ajaksi on ihmisten poistuttava huoneesta. Mittaus toistetaan jonkin ajan kuluttua uudestaan mittaustarkkuuden varmistamiseksi. (3.) Kuvassa 2 on erään valmistajan pallolämpömittari.



KUVA 2 Pallolämpömittari (7)

2.4 Lämmön siirtyminen

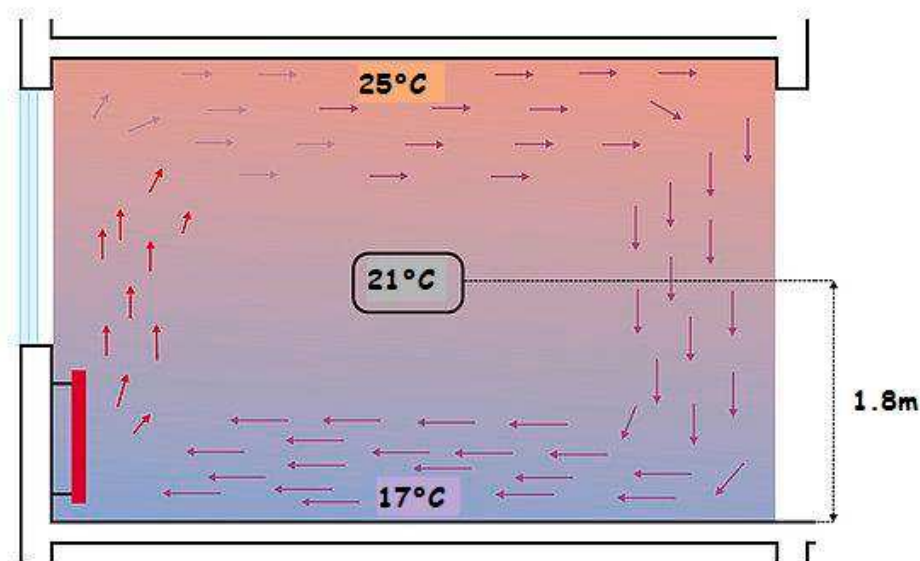
Luonnolla on yleisesti pyrkimys tasapainoon, minkä vuoksi lämpöenergia siirtyy korkeammasta lämpötilasta alempaan (8 s. 371). Huoneessa oleva lämpö siirtyy siis seinien läpi kylmempään ulkoilmaan. Siirtymiseen vaikuttavat esimerkiksi lämmönlähteet ja niiden sijainti, väliaineet, materiaalit ja ilman virtaus. Lämpö siirtyy kolmella tavalla: säteilemällä, johtumalla ja aineen kuljettamana (9 s. 165).

Lämpösäteily on sähkömagneettinen ilmiö, joka levittyy lämpötilojen eron tuloksena. Lämmön siirtyminen säteilyn avulla ei vaadi väliainetta levitäkseen (10 s. 4-5). Sähkömagneettista säteilyä lähettävät kaikki absoluuttisen nollapisteen (0 K) yläpuolella olevat kappaleet. Säteily kuljettaa mukanaan energiaa, ja jos tämä energia absorboituu eli imeytyy toiseen kappaleeseen, syntyy kyseiseen kappaleeseen lämpöä. (6.)

Konduktio tarkoittaa johtumista, missä lämpö johtuu aineessa (kiinteä, neste tai kaasu) kuumasta kylmempään. Lämpö voi myös johtua kahden erilämpöisen aineen välillä, jos ne ovat kosketuksissa toisiinsa. (1.) Eri aineilla on hyvin erilaiset lämmönjohtamiskyvyt; kaasut ovat huonoimpia ja metallit parhaita lämmönjohteita. Kun metallisauvan toinen pää koskee kuumaan nesteeseen, lämpiää sauva kauttaaltaan, myös pää, joka ei ole suoraan kosketuksissa kuuman nesteen kanssa. Tällöin voidaan sanoa, että lämpö on johtunut sauvan kuumasta päästä kylmään päähän. (8) Konvektioon perustuvissa lämmityspattereissa tätä käytetään hyväksi, kun lämpö leviää johtumalla patterin rungosta konvektiokenoihin.

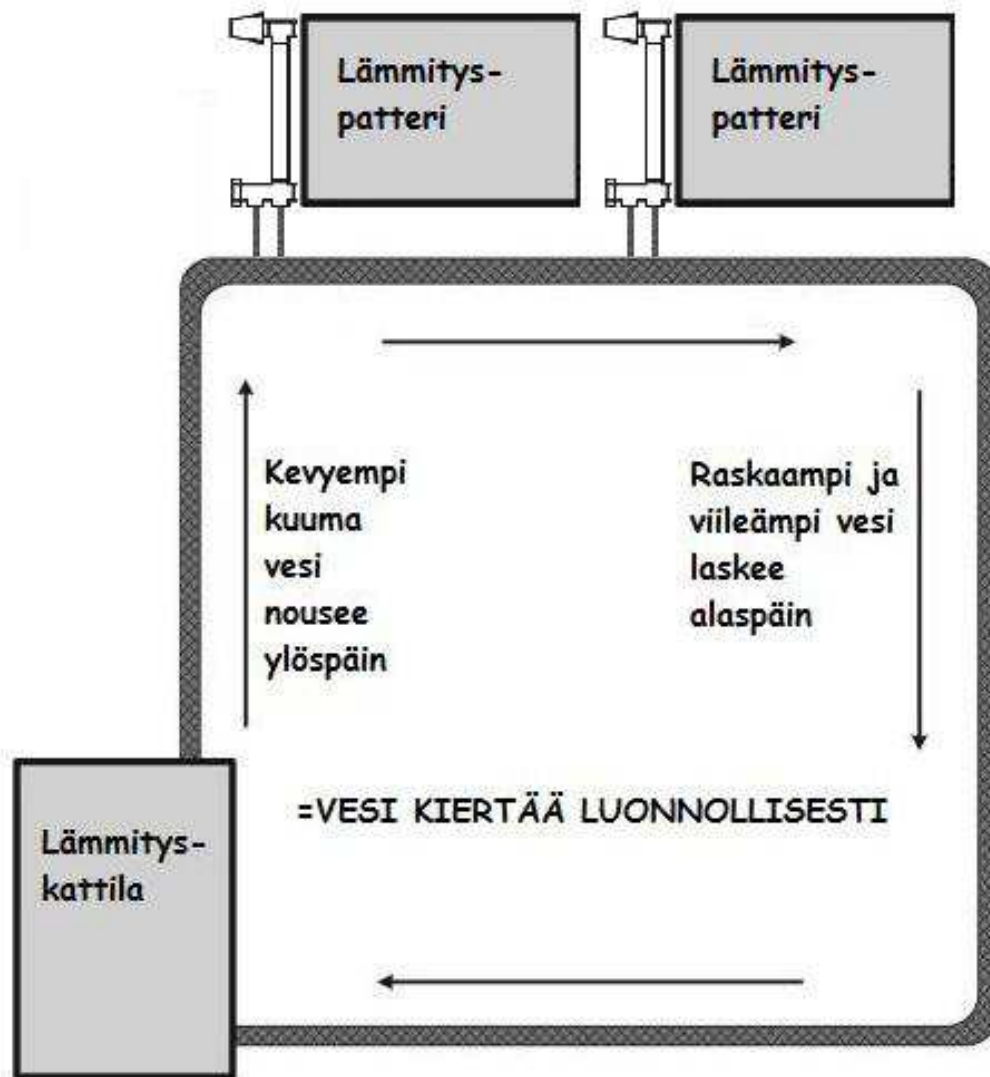
Konvektiolla tarkoitetaan tilannetta, jossa lämpö siirtyy paikasta toiseen nesteen tai kaasun virtauksen avulla. Konvektio voidaan jakaa vapaaseen ja pakotettuun konvektioon. Pakotettua konvektiota saadaan aikaan tuomalla järjestelmään ulkoista energiaa pumpuilla ja puhaltimilla. Esimerkiksi kierrätettäessä lämmintä vettä lämmitysjärjestelmässä pumpppu pumpppaa lämmönsiirtimestä lämpöä veteen sitoutuneena lämmönluovuttimiin. Vapaata konvektiota on esimerkiksi se, kun vettä lämmitetään ja lämpötilaero saa veden virtaamaan. (9) Lämmitysjärjestelmissä on kaksi klassista esimerkkiä vapaasta konvektiosta, joissa osallisena ovat ilma ja vesi.

Ensimmäisessä konvektioon perustuva lämmityspatteri, konvektori, lämmittää ympärillään olevaa ilmaa (kuva 3). Lämmennyt ilma laajenee, tulee ympärillään olevaa ilmaa kevyemmäksi ja alkaa nousta. Syntyy nouseva lämpimän ilman virtaus, joka työntää viileämpää ilmaa takaisin kohti konvektoria. (1).



KUVA 3 Ilma kiertää luonnollisesti konvektion avulla. (Alkuperäinen kuva: <http://www.harreither.com/typo3temp/pics/8868c895d0.jpg>)

Toisessa esimerkissä vesi kiertää luonnollista kiertoa noudattavassa lämmitysjärjestelmässä (kuva 4). Lämmityskattilassa vesi lämpenee, laajenee ja kevenee. Keventyessään vesi alkaa nousta pystysuorassa putkistossa aiheuttaen veden virtaamisen. Vesi luovuttaa osan lämmöstä lämmönluovuttimissa, tulee raskaammaksi ja palatessaan myös kiihdyttää veden kiertoa järjestelmässä. (1) Molempien esimerkkien konvektiota voidaan tehostaa pakottamalla. Pelkästään vapaaseen konvektioon perustuvat lämmitysjärjestelmät ovatkin nykyään harvinaisia.



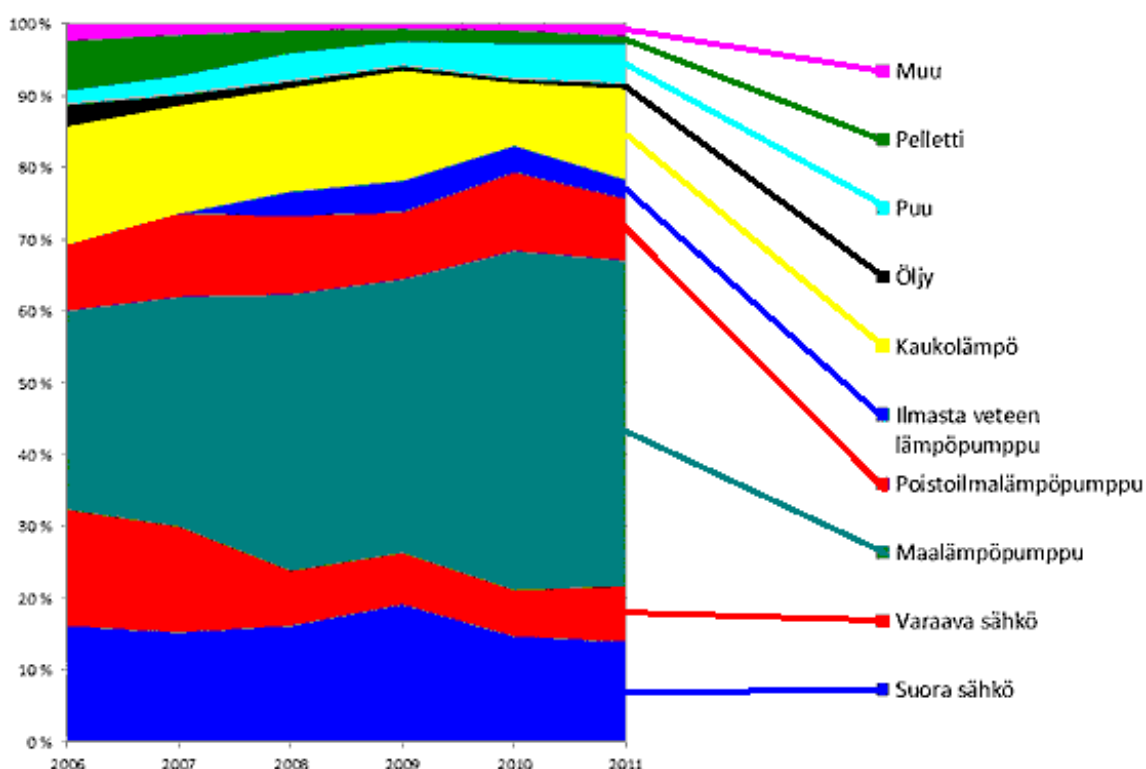
KUVA 4 Vesi kiertää vapaan konvektion avulla putkistossa (2)

Vapaata konvektiota tapahtuu samalla tavalla myös kylmän aineen avulla. Jäähdytysjärjestelmissä katossa sijaitseva jäähdytyspalkki viilentää ilman, joka laskeutuu raskaampana alas oleskeluvyöhykkeelle. Kylmä ikkunapinta viilentää myös lähellä olevaa ilmaa, minkä myötä huoneeseen voi syntyä vetoa.

3 RAKENNUSTEN LÄMMITYS

Rakennuksen tarkoitus on pitää sen sisällä ihmiselle suotuisat olosuhteet ulkopuolisista olosuhteista riippumatta. Tasainen lämpötila on tärkein sekä samalla haastavin ja kallein toteutettava mukavuustekijä. Rakennukset pidetään lämpiminä varsinaisen lämmittämisen lisäksi vaipan lämmöneristämisen, ilmanvaihdon sekä lämmöntalteenoton avulla (6).

Suureksi osaksi rakennusten käyttämä energia on tullut rakennukseen ulkopuolelta tuotuna esimerkiksi sähkön, kaukolämmön tai jonkin polttoaineen avulla. Nykyään on kuitenkin yleistynyt pyrkimys rakennuksen omavaraisuuteen, eli rakennuksen tarvitsema lämpö tuotetaan paikanpäällä. Omavaraisia energiantuottojärjestelmiä ovat pientaloissa suosituimman maalämmön lisäksi muut lämpöpumppujärjestelmät sekä aurinko- ja tuulienergia. Kuvassa 5 näkyy esimerkkinä, miten pientaloissa lämmitysjärjestelmien markkinaosuudet ovat kehittyneet viime vuosina.

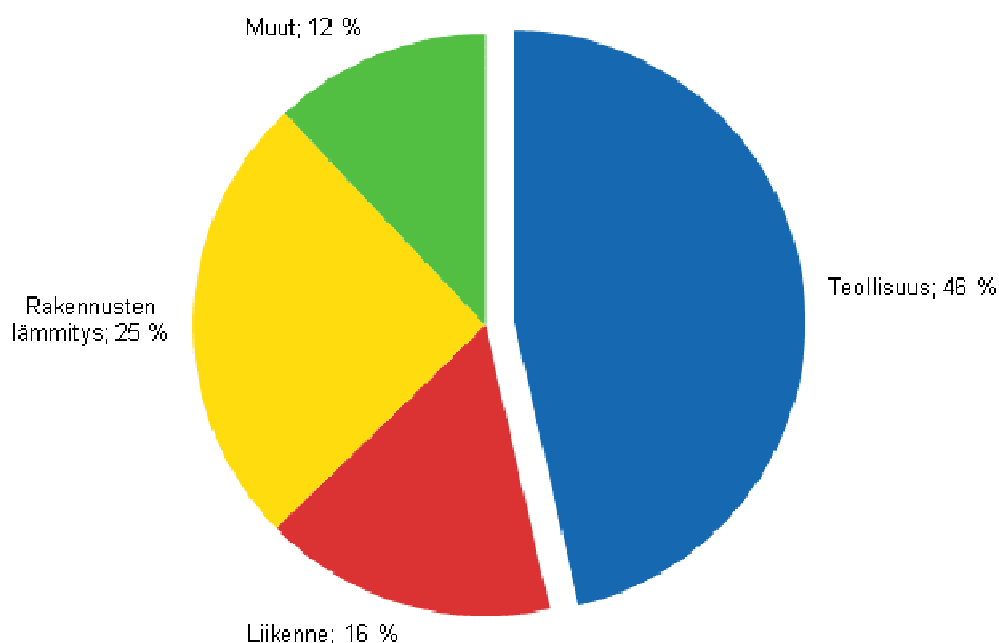


KUVA 5 Lämmitysjärjestelmien markkinaosuus uusissa pientaloissa 2006–2011
(11)

Rakennukseen tulevaa lämmitysenergiaa varten on rakennukseen suunniteltava rakennuskohtainen lämmitysjärjestelmä. Lämmitysjärjestelmän avulla lämpöä käsitellään ja siirretään rakennuksen tarvitsemalla tavalla. Ainoa oikeaa lämmitysjärjestelmää ei ole, vaan se valitaan käytön, tarpeen, hinnan, mieltymyksien ja rakennuksen sijainnin mahdollisuuksien mukaan.

3.1 Lämmitysjärjestelmät Suomessa

Suomen kylmän ilmaston vuoksi rakennuksia pitää lämmittää yli puolet vuodesta. Rakennuksien lämmittämiseen ja ylläpitämiseen kuluu yleensä lähes 40 % koko Suomen energiankulutuksesta, ja kasvihuonepäästöistä noin 30 % syntyy rakennuksien lämmityksestä. Rakennusten lämmitystarpeiden vähentämisellä voidaankin merkittävästi vaikuttaa koko Suomen kokonaisenergiankulutukseen. (6.) Vuonna 2003 tehtyjen rakentamismääräysten muutoksella on pyritty laskemaan uusien rakennuksien energiankulutusta noin 25–30 % (12). Rakennusvaiheessa on otettava kaikki energiaa kuluttavat tekijät huomioon, jotta kokonaisenergiankulutus olisi mahdollisimman pieni. Kuvassa 6 näkyy, miten energian käyttö on Suomessa jakaantunut.



KUVA 6 Energian loppukäytön jakaantuminen vuonna 2012 (13)

Alati kiristyvät energiankulutuksen ja hiilidioksidipäästöjen määräykset aiheuttavat painetta rakentajille. Vuonna 2008 valmistui laki rakennuksien energiatodistustiluvun eli E-luvun määrittämisestä. Jokaisella uudella sekä vanhemmilla yli kuuden huoneiston myytävillä rakennuksilla on oltava virallinen energiatodistus, joka kertoo rakennuksen energiatehokkuudesta. E-luku kertoo rakennuksen energiakulutuksen bruttoalaa kohden vuodessa [kWh/brm²/vuosi]. (14.) Vuoden 2013 alussa on tullut uusi lakiesitys, jonka mukaan kaikilla myytävillä yli 50 m²:n rakennuksilla tulisi olla energiatodistustiluku määriteltynä.

3.2 Huoneen lämmitykseen vaikuttavat tekijät

Huonekalut ja muut tilaan sijoitettavat tavarat voivat heikentää lämmönluovuttimien tehoa. Paksu matto voi heikentää lämmön siirtymistä lattialämmitystä käytettäessä. Lämmityspatterin edessä oleva huonekalu voi estää säteilyn ja yläpuolella oleva kukkahylly konvektion, kulkeutumista muualle huoneeseen.

Ihmiset, valaistus, tietokoneet ja muut laitteet aiheuttavat lämpökuormaa, johon lämmitysjärjestelmän on ilmanvaihdon kanssa reagoitava nopeasti. Lämmitysjärjestelmän on reagoitava lämpökuorman vaihteluihin. Teollisuustiloissa lämpökuormat voivat olla valtavat, jolloin lämmitysjärjestelmän tehtäväksi voi ajoittain jäädä vain lämpötilan tasaisuuden varmistaminen.

Suuret ikkunat aiheuttavat talvisin huomattavasti lämpöhäviöitä. Lämmönluovuttimien sijoittaminen oikein estää vedon syntymistä tilaan. Suurissa ikkunoissa kannattaa pohtia ikkunälämmitystä. (Lisätietoja esimerkiksi: <http://www.lamminkoti.fi/index.php?k=17615>).

Suuret ovet aiheuttavat hetkellisesti lämmön tarpeen kasvua ja vetoa. Ovipuhaltimilla voidaan kompensoida lämpöhukkaa ja estää vedon syntyminen.

Korkeassa tilassa lämpötilan kerrostuminen korostuu. Lämmönluovuttimien lämmittämä ilma nousee ylöspäin *oleskeluvyöhykkeen* yläpuolelle. Järjestelmä on suunniteltava niin, että oleskeluvyöhykkeellä on oikea lämpötila. Energiankulutusta ajatellen ongelmaksi syntyy se, että lämpötilan kerrostuessa oleskeluvyöhykkeen yläpuolella ilma on turhan lämmintä. Tämä aiheuttaa ylimääräistä lämpöhukkaa rakenteiden läpi.

3.3 Lämmön tarpeen määrittely

Lämmityksen energiantarpeen laskenta jaetaan rakentamismääräyskokoelman mukaan kolmeen osaan: tilojen, ilmanvaihdon ja lämpimän käyttöveden lämmitykseen (15). Tässä opinnäytetyössä on esitelty näistä vain ensimmäistä.

Tilojen lämmityksen suunnittelu alkaa kohteen todellisen lämmitystehon tarpeen määrittämisestä. Lämmitystehon tarpeen syynä ovat rakennuksen lämpöhäviöt. Näiden selvittämiseksi otetaan huomioon rakennuksen sijainti, eri rakenneosien johtumislämpöhäviöt (lattia, katto, seinät ikkunat ja kylmäsilat) sekä vuotoilmanvaihdon lämmitystarve. (15.) Ilmanvaihdon toteutustapa sekä kohdekohtaiset mahdolliset erikoisvaatimukset on myös selvitettävä.

Suunniteltavan lopullisen lämmitystehon tulee olla kokonaislämpöhäviöitä suurempi, koska lämmitysjärjestelmän jokaisesta komponentista syntyy lämpöhäviöitä. Jotkut lämpöhäviöt kuitenkin itsessään lämmittävät rakennusta, joten ne eivät ole puhtaita häviöitä. Ympäristöministeriön laatiman rakennusmääräyskokoelman osassa D5 on esitelty lopullisen lämmitysenergiantarpeen laskenta. (15.) Rakentamismääräyskokoelmassa on myös määritelty raja-arvot rakenteiden lämmöneristyskyvylle Suomessa.

Käytännössä tehon tarpeet lasketaan suunnitteluohjelmien avulla. Laskenta on myös mahdollista tehdä esimerkiksi jonkin taulukkolaskentaohjelman avulla.

3.3.1 Lämmön luovutus tilassa

Lämmönlouovutustapojen laskennassa on tiedettävä järjestelmän tuottamat lämpöolot tilaan. Lämpöolojen tarkkaan mallintamiseen on käytettävä tarkoituksenmukaista simulointiohjelmaa, jolla voidaan mallintaa lämpötilat, ilmavirtaukset, johtumiset, konvektiot ja säteilyt huoneen joka pisteessä. Voidaan käyttää myös yksinkertaistettuja laskentamalleja, joilla lämmönlouovutusilmiö hahmottuu riittävän tarkasti lämmönlouovutustapojen lämpöhäviöiden vertailua varten.

Lämmönlouovutuksen lämpöhäviöt koostuvat

- lämpötilan kerrostumisesta

- lämmityslaitteen lähellä olevasta normaalia korkeammasta ilman lämpötilasta
- säteilylämmönluovutuksesta, joka lisää johtumishäviöitä rakenteiden läpi
- rakenteisiin integroitujen lämmityslaitteiden aiheuttamista johtumishäviöistä ulos tai muihin tiloihin.

Lämmönluovutustapoja vertailtaessa on tilaan löydettävä vähiten häviöitä aiheuttava järjestelmä. Lämmönluovutuksen häviöihin vaikuttaa myös merkittävästi säätöjärjestelmän tarkoituksenmukainen toiminta.

Kappaleen kaavat ovat poimintoja ympäristöministeriön Lämmitysjärjestelmät ja lämmin käyttövesi -laskentaoppaasta (katso lähde 15). Lämmönluovutuksen kokonaishyötysuhde saadaan laskemalla hyötysuhteet yhteen käyttäen kaavaa 2.

$$\eta_{LUOVUTUS} = \frac{1}{\frac{1}{\eta_{KERROSTUMA}} + \frac{1}{\eta_{RAKENNE}} + \frac{1}{\eta_{SÄÄTÖ}} - 2} \quad \text{KAAVA 2}$$

Tätä lämmönjaon kokonaishyötysuhdetta käytetään laskettaessa lämmönjaon energiantarvetta kaavalla 3.

$$Q_{LÄMMITYS,LUOVUTUS} = \frac{Q_{LÄMMITYS,TILAT,NETTO}}{\eta_{LUOVUTUS}} \quad \text{KAAVA 3}$$

3.3.2 Lisälämpöhäviön laskenta

Lämmönluovuttimien lisälämpöhäviöt voidaan laskea kahdella tavalla. Karkeampi tapa on laskea ilman lämpötilat eri kerroksissa. Tarkempi tapa on laskea lisälämpöhäviöt käyttäen rakenteiden sisäpintalämpötiloja, jotka saadaan joko mittaamalla tai simulointiohjelmista.

Lämpöhäviön laskenta ilman kerrostuneisuuden avulla

Ilman lämpötilan kerrostuneisuuden aiheuttama lisälämpöhäviö lasketaan kaavalla 4.

$$Q_{LISÄLÄMPÖHÄVIÖ,KERROSTUMA} = \sum A_i * U_i * (T_{ss,i} - T_s) * t \quad \text{KAAVA 4}$$

jossa

A_i	on rakenneosan (katto, ulkoseinä, ikkuna, lattia) pinta-ala [m^2]
U_i	on rakenneosan (katto, ulkoseinä, ikkuna, lattia) lämmönläpäisykerroin [$W/(m^2K)$]
$T_{ss, i}$	on kerrostuneen ilman lämpötila rakenneosan keskipisteen korkeudella [$^{\circ}C$]
T_s	on huonelämpötila vertailutapauksessa (ei lämpötilakerrostumista) [$^{\circ}C$]
t	on tarkastelujakso [h]

Esimerkkilasku toimistohuoneesta on liitteessä 2.

Lämpöhäviön laskenta rakenneosien pintalämpötilojen mukaan

Rakenneosien pintalämpötilojen ollessa poikkeavia voidaan lisälämpöhäviö laskea tarkemmalla menetelmällä käyttäen kaavaa 5. Rakenteiden sisäpuoliset pintalämpötilat voivat olla poikkeavia, esimerkiksi lämmityspatterin lämmittäessä sen takana olevaa seinää.

$$Q_{EL,RAD} = \sum A_i * U_{out,i} * (T_{w,i} - T_{w,ref}) * t \quad \text{KAAVA 5}$$

jossa

$Q_{EL,RAD}$	on poikkeavien säteily- ja konvektiovirtojen lämpötilojen aiheuttama lisälämpöhäviö [Wh]
A_i	on ulkoilmaa vasten olevan rakenneosan pinta-ala, jolla on poikkeava pintalämpötila [m^2]
$U_{out, i}$	on rakenneosan U-arvo sisäpinnasta ulkoilmaan [$W/(m^2K)$]
$T_{w, i}$	on rakenneosan poikkeava pintalämpötila [$^{\circ}C$]
$T_{w, ref}$	on rakenteen normaali pinnan lämpötila vertailutilanteessa [$^{\circ}C$]
t	on tarkastelujakso [h]

Rakenneosan U-arvo saadaan laskettua poistaen normaalista U-arvon laskennasta sisäpinnan lämpövastus (kaava 6).

$$\frac{1}{U_{out,i}} = \frac{1}{U} - R_{si} \quad \text{KAAVA 6}$$

jossa

$U_{out, i}$	on rakenneosan U-arvo sisäpinnasta ulkoilmaan [W/m^2K]
U	on rakenneosan U-arvo [W/m^2K]
R_{si}	on rakenneosan sisäpuolinen pintavastus [m^2K/W]

Vertailutilanteen pintalämpötila rakenteelle lasketaan kaavasta 7.

$$T_{w,ref} = T_s - R_{si} * U * (T_s - T_{out}) \quad \text{KAAVA 7}$$

jossa

$T_{w, ref}$	on rakenteen normaali pinnan lämpötila vertailutilanteessa [$^{\circ}C$]
T_s	on huoneen sisäilman lämpötila [$^{\circ}C$]
R_{si}	on rakenneosan sisäpuolinen pintavastus [m^2K/W]
U	on rakenteen U-arvo [W/m^2K]
T_{out}	on ulkoilman lämpötila [$^{\circ}C$]

Lisää lämpöhäviöiden ja hyötysuhteiden laskentakaavoja löytyy ympäristöministeriön laskentaoppaasta (katso lähde 15). Lämpöhäviöitä laskettaessa rakenneosat jaetaan osiin U-arvojen ja korkeusasemien mukaan.

3.3.3 U-arvo

Lämmönläpäisykerroin U-arvo ilmoittaa lämpövirran tiheyden, joka jatkuvuustilassa läpäisee pintayksikön suuruisen rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien tilojen välillä on yksikön suuruinen (16). Yksikkönä käytetään $W/(m^2K)$. Rakenteiden lämmönsiirtymiskerroin voidaan laskea, kun tiedetään rakenteen eri materiaalien lämmönjohtavuus ja paksuus.

Lämmönläpäisykerroin U on rakenteen kokonaislämpövastuksen R käänteisarvo (kaava 8). Lämmönläpäisykerroin U siis kuvaa watteina tehoa, jolla lämpö virtaa pinta-alaltaan $1 m^2$:n suuruisen seinämän läpi, kun lämpötilaero rakenteen molemmin puolin on $1K (=1^{\circ}C)$.

Rakentamismääräyskokoelman osassa C4 (17) esitetään menetelmä rakennusosien ja rakenteiden lämmönläpäisykertoimen U ja korjatun lämmönläpäisykertoimen U_c laskemiseksi. Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c on rakennusosan lopullinen lämmönläpäisykerroin, jota käytetään rakennuksen määräysten mukaisuutta osoitettaessa sekä rakennuksen energiankulutuslaskelmissa.

Yleensä seinä-, katto- ja lattiarakenteet koostuvat useasta eri materiaalista, esimerkiksi pintamateriaalit, kantava rakenne ja lämmöneristys. Kokonaisvastus saadaan näiden rakenteiden lämmönvastuksien summana. Ilman ja rakenteen pinnan välillä on myös lämmölle ylimenovastus.

$$U = 1/(R_{si} + R_{se} + R_1 + R_2 + \dots R_n)$$

KAAVA 8

jossa

U on rakenteen U-arvo [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]

R_{si} on rakenneosan sisäpuolinen pintavastus [$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$]

R_{se} on rakenneosan ulkopuolinen pintavastus [$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$]

$R_{1,2,\dots,n}$ on rakenneosien lämpövastukset [$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$]

Teoreettisia lämpövastuksia eri rakennusaineille löytyy RakMK osasta C4.

4 LÄMMÖNLUOVUTUSJÄRJESTELMÄT

Lämmönluovuttimia voidaan kuvailla eräänlaisiksi lämmönvaihtimiksi, jotka siirtävät osan lämmitysjärjestelmän luomasta lämmöstä sijaitsemaansa tilaan.

Lämmönluovuttimet voidaan yleensä luokitella joko säteilijäksi tai konvektoriksi. Konvektoreissa lämpö siirtyy nimensä mukaan konvektion eli virtauksen avulla. Säteilijöissä lämpö ei siirry pelkästään säteilyn avulla, vaan osa lämmöstä siirtyy myös konvektion kautta. (1.)

Nykyään valmistajilla on käytettävinnään laaja valikoima erilaisia lämmönluovuttimien muotoja, tyylejä, viimeistelyjä ja materiaaleja. Tämä valikoima on antanut vapauden suunnitella ja tuottaa yksilöllisempiä lämmitysjärjestelmäsuunnitelmia, mikä on tärkeää niille, jotka haluavat esteettisiä lämmitysratkaisuja. Nykyaajan mielikuvitukselliset vaatimukset lämmönluovuttimilta vaativat suunnittelijoilta entistä enemmän tietoa ja ymmärrystä lämmönluovuttimien toimintaperiaatteista, jotta he voivat tarjota asiakkaalle parhaat mahdolliset vaihtoehdot. (1.)

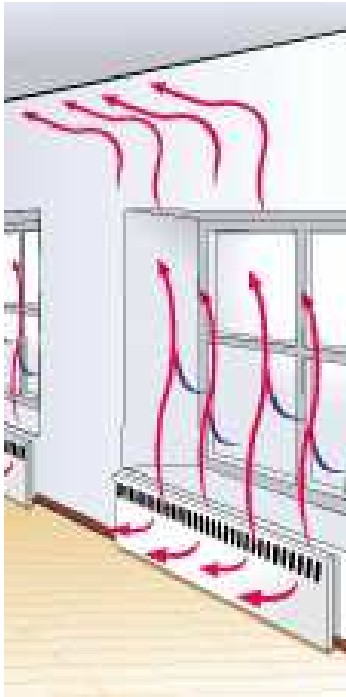
Rakennuksen lämmönluovutustavan valintaan vaikuttavat monet tekijät. Järjestelmien hankinta- ja käyttökustannukset ovat tässäkin opinnäytetyössä keskeisessä asemassa, mutta lopullista valintaa tehtäessä korostuvat rakennuksen käyttötarkoitus ja koko (18). Sama lämmönluovutustapa ei aina sovi joka tilaan, koska rakennuksen sisällä olevissa tiloissa voi olla hyvinkin erilaiset lämmön tarpeet. Näihin voivat vaikuttaa esimerkiksi huonekorkeus, suuret ikkunat ja ovet, koneet/laitteet ja ihmisten lukumäärä.

4.1 Patterilämmitys

Patterilämmityksen hankintakustannukset ovat suhteellisen edulliset, ja yksinkertaisuutensa ansiosta järjestelmä soveltuu lähes joka paikkaan. Patterilämmitys on yleisin lämmönluovutustapa niin asuin-, toimisto- kuin liikerakennuksissakin (18).

Lämmityspatterijärjestelmä voi perustua lämminvesikiertoon tai sähköön. Lämminvesikiertoisessa järjestelmässä lämmönjakohuoneesta tuleva vesi kiertää huoneisiin sijoitetuissa pattereissa. Sähköpattereissa on sen sijaan oma lämmi-

tysvastus. Lämpö siirtyy tehokkaasti pattereiden kautta suoraan huoneilmaan. (18.) Patterit sijoitetaan yleensä ikkunoiden alle niiden aiheuttaman lämpöhäviön kompensoimiseksi (kuva 7). Sähköpattereita on olemassa myös pistotulppaan kytkettäviä, liikuteltavia malleja.



KUVA 7 Patterilämmityksen periaate, kuvassa sähköpatteri (20)

Kaikista lämmönluovutustavoista löytyy monia erilaisia vaihtoehtoja, mutta lämmityspattereiden valikoima on näistä ylivoimaisesti suurin. Pattereiden pituus ja korkeus voi vaihdella muutamasta kymmenestä senttimetristä useisiin metreihin. Patteri voi toimia tilan jakajana tai kylpyhuoneessa pyyhekuivaimena (kuva 8).



KUVA 8 Erään valmistajan pyyhekuivainmalli (21)

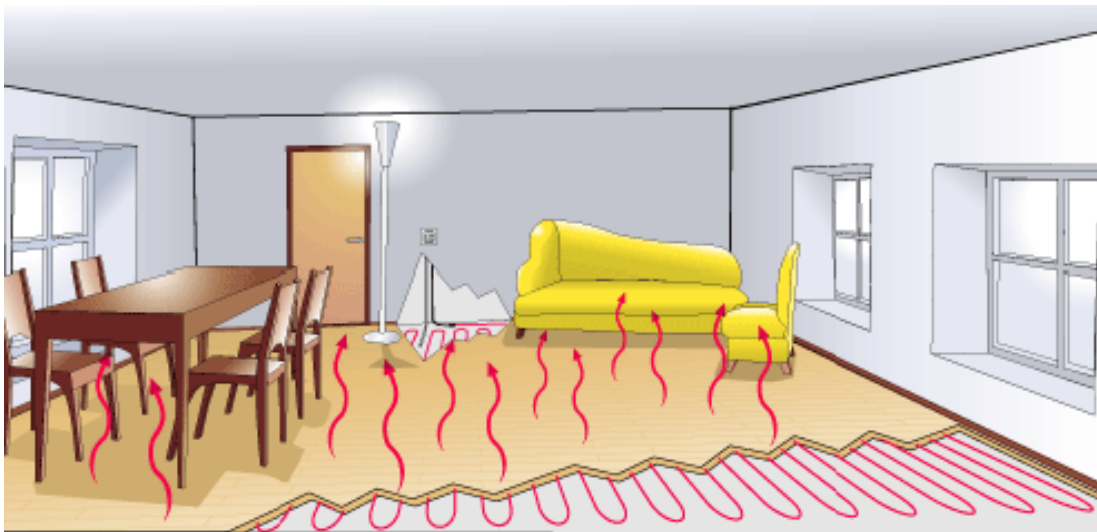
Patterit jaotellaan lämmönluovutustavan mukaan radiaattoreihin ja konvektoreihin. Radiaattorit luovuttavat lämpöä säteilemällä ja ovat rakenteeltaan yksinkertaisia. Radiaattoreihin lisätään nykyään lähes poikkeuksetta yksi tai useampi kerros konvektorikennoja, jotka tehostavat lämmön luovuttamista konvektion avulla. Kun lämmön luovutus perustuu suurimmaksi osaksi konvektioon, kutsutaan näitä pattereita konvektoreiksi. Konvektorit ovat yleensä matalarakenteisia, ja niitä käytetään esimerkiksi suurien ikkunoiden alla, kun tilaa normaalikokoiselle patterille ei ole. (22.)

4.2 Lattialämmitys

Lattialämmityksessä lämpö siirtyy lämmitetystä lattiasta tasaisesti koko huoneilmaan. Lämpö siirtyy huoneilmaan kahdella tavalla: säteilynä ja suoraan huoneilmaan konvektion avulla. Lattiarakenteen sisällä oleva lämminvesiputkisto tai sähkölämmitysvastus lämmittää lattiaa (kuva 9). Erikoistapauksissa voidaan käyttää myös ilmakiertoista lattialämmitystä.

Lattialämmitys on miellyttävä lämmönluovutustapa, ja sitä käytetään paljon varsinkin pientaloissa. Lattialämmityksen käyttö on suosittua märkätiloissa, koska lattialämmitys kuivaa lattiapinnat parhaiten. Lattian lämpötila tuntuu jaloissa miellyttävältä, ja mahdollinen kosteus haihtuu tehokkaasti pois lattiasta. Lattia-

lämmitystä voidaan käyttää kaikkien huoneiden lämmitykseen. Lattialla olevat huonekalut ja paksut matot voivat heikentää lattialämmityksen tehoa. Ikkunoiden lämpöhäviön kompensoimiseksi on usein sijoitettava ikkunan alle patteri tai käytettävä ikkunalämmitystä. (18.) Lattialämmitys sopii hyvin myös korkeaan tilaan, koska lämpötilan kerrostuminen on vähäistä. Lattialämmitys on hankintakustannuksiltaan usein hieman kalliimpi muihin tavanomaisiin järjestelmiin verrattuna.



KUVA 9 Lattialämmityksen periaate (6)

4.2.1 Vesikiertoinen lattialämmitys

Vesikiertoisen lattialämmityksen valitsi uuteen pientaloon noin 60 % rakentajista vuonna 2008 (14). Lattiavalun sisään asennetaan saumaton, nykyään yleensä muovinen putkisto. Putket asennetaan 150–300 mm:n etäisyydelle toisistaan, koko lattian ala hyödyntäen. Jokaiseen huoneeseen tulee yleensä oma putkisilmukka. Putkisilmukat lähtevät yhteiseltä jakotukilta kattilahuoneesta, jossa jokaiselle silmukalle on oma säädin. (18.)

4.2.2 Sähkötoiminen lattialämmitys

Sähkötoimisessa lattialämmityksessä lattiavalun sisään vedetty vastuskaapeli lämmittää lattiaa. Vastuskaapelit asennetaan tehosta riippuen yleensä noin 100–200 mm:n etäisyydelle toisistaan, koko lattian ala hyödyntäen. Yleensä pyritään käyttämään yösähköä, joka on halvempaa kuin päivä sähkö. Tällöin

lämpö varastoituu yön aikana lattialaattaan, ja lattiasta lämpö leviää tasaisesti päivän aikana huoneeseen. (18.) On olemassa myös sähkölämmityskaapeleita saneerauskohteisiin. Yleensä silloin lattian pintaa joudutaan nostamaan noin yhden senttimetrin.

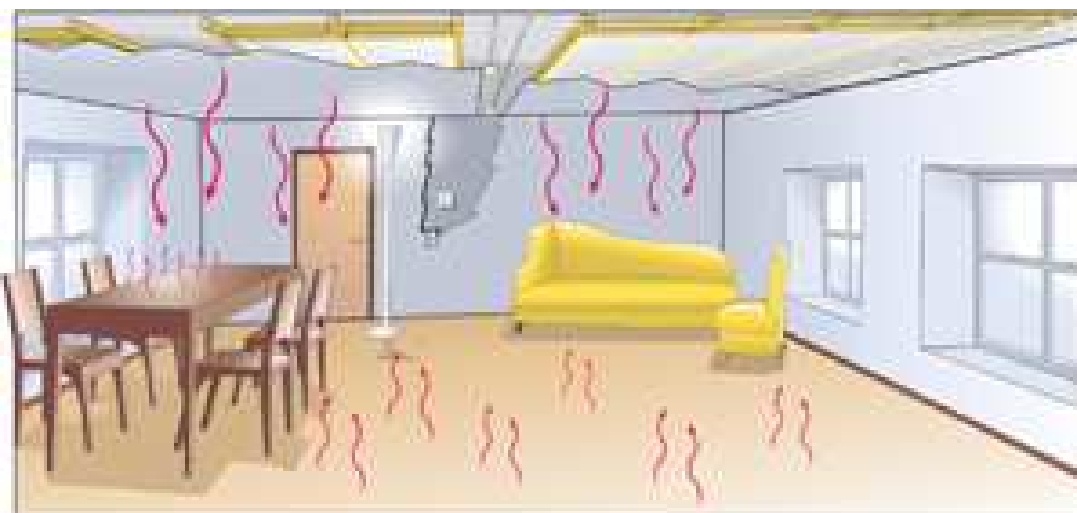
4.3 Säteilykattolämmitys

Lämpö siirtyy huoneeseen pääosin säteilynä. Säteily muuttuu huoneen alaosassa lämmöksi kohdatessaan pintoja tai ihmisiä. Lämpimät pinnat luovuttavat lämmön tämän jälkeen huoneilmaan.

4.3.1 Yleisimmät säteilykattojärjestelmät

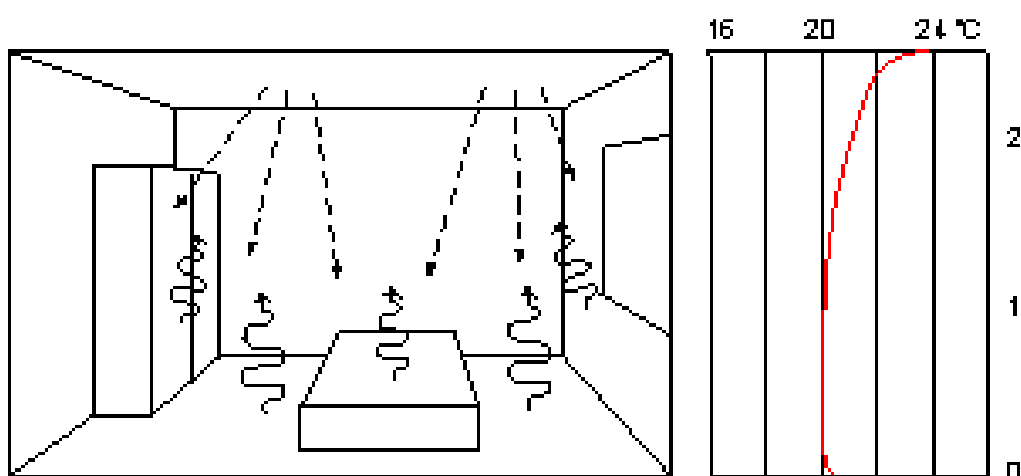
Kattolämmityksessä tilan sisäkattoon on asennettu lämmityssäteilijä. Lämmityssäteilijä on perustyyppiltään muutaman sentin paksuinen paneeli, jonka läpi virtaa kuuma vesi. Kylmää vettä käytettäessä useimpia valmistajien lämmityssäteilijöitä voidaan käyttää kesällä myös jäähdytykseen. Säteilijä voidaan integroida kattoon tai asentaa irti katosta halutulle korkeudelle.

Asuinrakennuksissa voidaan myös käyttää sähköllä toimivia ohuita lämmityskelmuja, jotka asennetaan kattorakenteen sisään. Kattolämmitystä on käytetty pientaloissa 80-luvulta lähtien, mutta niin sanottujen muotiaikojen jälkeen nykyään vähemmän. Kattolämmitystä on perusteltu asuinrakennuksissa mukavuustekijöillä kun katosta säteilee luonnollisesti ylhäältä alaspäin oleskelutilaan lämpöä (kuva 10).



KUVA 10 Kattolämmityksen periaate (19)

Huonelämpötilaa voidaan pitää kattolämmityksessä hieman alempana, koska säteilyn ansiosta *operatiivinen lämpötila* on korkeampi. Huoneen ilman lämpötilan pienentäminen vähentää lämpöhukkaa rakenteiden läpi (5). Toisaalta kattorakenteessa sijaitsevista lämmityselementeistä menee lämpöä johtumalla rakenteiden läpi hukkaan. Energiatehokkuudelta kattolämmitys on pientaloissa yleensä muita ratkaisuja huonompi. (6.) Kuvassa 11 näkyy miten lämpötila kerrostuu kattorakenteen sisään sijoitetulla säteilylämmittimellä.



KUVA 11 Lämpötilakerrostuminen huoneessa kattorakenteeseen sijoitetulla säteilylämmittimellä (23)

Suurissa tiloissa kattosäteilijä on suosittu valinta. Säteily kulkee esteettömän korkean tilan katosta tehokkaasti tilan alaosaan. Kattorakenteesta irti oleva säteilylämmitin ei aiheuta lämpötilan kerrostumista, mikä korostuisi korkeassa tilassa. Säteilylämmittimet voivat olla elementtejä, joita voidaan liittää peräkkäin (kuva 12).

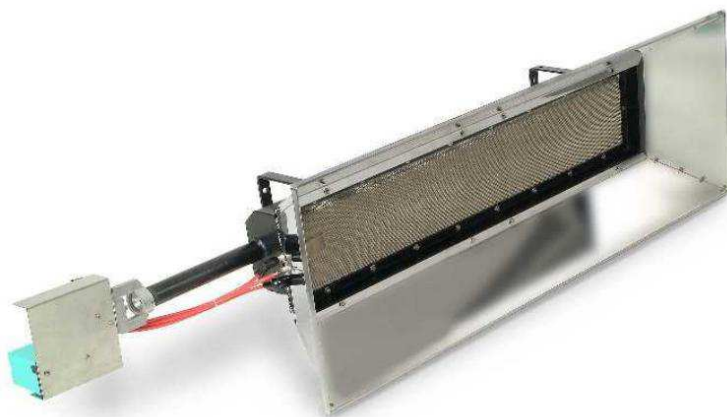


KUVA 12 Erään valmistajan kattoon ripustettava säteilyelementti (24)

Kattosäteilijää voidaan käyttää kohdelämmittimenä muuten viileämmässä tilassa. Tällaisia esimerkkejä ovat esimerkiksi hallissa sijaitseva työpiste tai myymälöiden kassapisteet. Kattosäteilijöitä voidaan käyttää myös lisälämmittiminä *puolilämpimissä tiloissa* (18).

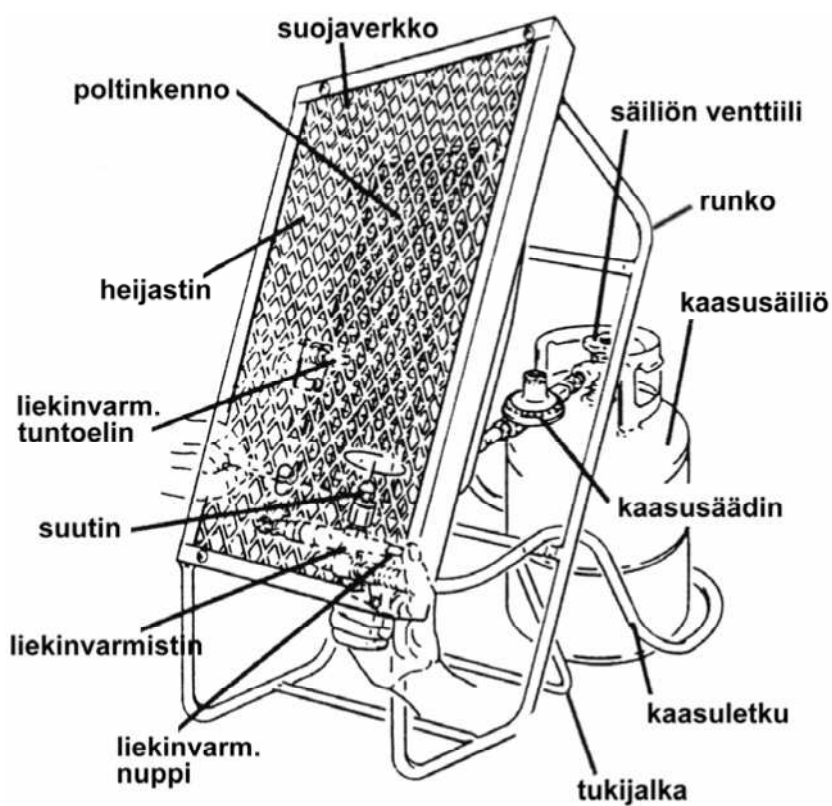
4.3.2 Kaasusäteilijä

Kaasusäteilijä on nestekaasulla toimiva infrapunalämmitin. Säteilijä voi olla kiinteästi asennettu (kuva 13) tai liikuteltava (kuva 14). Kaasusäteilijään investointi on suhteellisen edullista, mutta käyttökustannukset ovat polttoainekulujen takia korkeat. Kiinteästi asennettavat säteilijät sopivat hyvin teollisuushallien, varastojen, telakoiden ja konepajojen lämmitykseen (25). Säteilijää voidaan käyttää esimerkiksi muuten kylmässä tilassa vain tietyn osan, esimerkiksi työskentelytilan lämmittämiseen.



KUVA 13 Kiinteästi asennettava kaasusäteilijä (25)

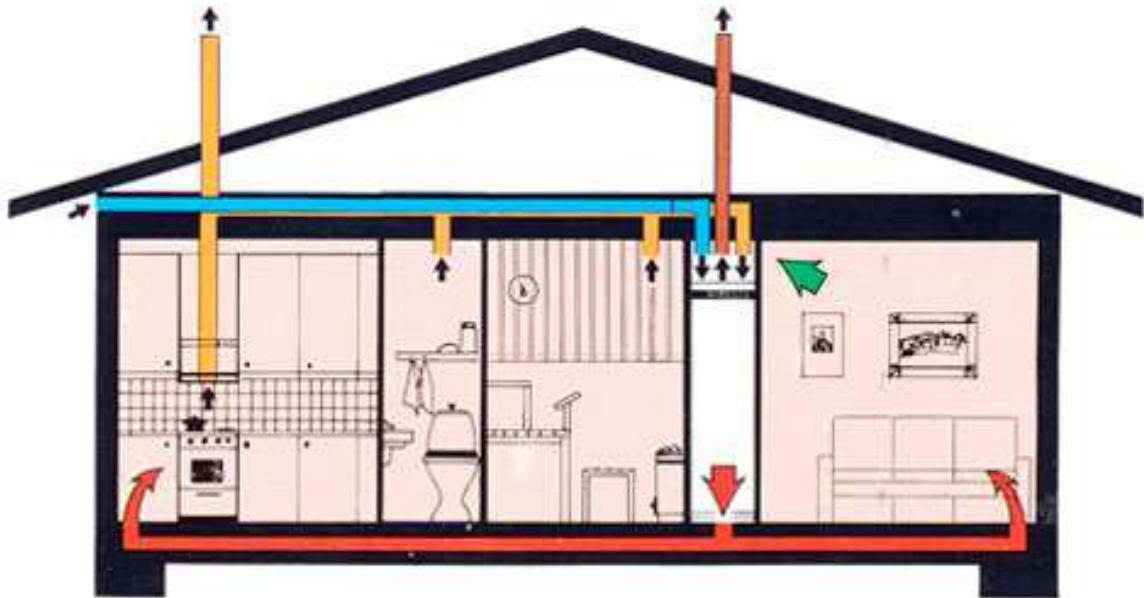
Liikuteltava kaasusäteilijä on hyvä tilapäisratkaisu esimerkiksi rakennustyömail-
la, kun muuta lämmitystapaa ei ole saatavilla. Vähän käytössä olevissa kesä-
asunnoissakin pelkkä pieni kaasusäteilijä voi olla riittävä. Liikuteltavan kaa-
susäteilijän käytön tulee olla hyvin valvottua. (26.)



KUVA 14 Liikuteltava kaasusäteilijä (26)

4.4 Ilmalämmitys

Kaikkia järjestelmiä, missä lämpö tuodaan tilaan ilman avulla, kutsutaan ilmalämmitykseksi. Jos järjestelmässä on mukana jäähdytys, on kyseessä ilmastointi. Pientaloissa yleisessä ilmalämmitysjärjestelmässä ulkoilma lämmitetään ilmalämmitysyksikössä ja puhalletaan suoraan huoneisiin yleensä ikkunoiden alta. Huoneissa ei ole muita tilaa vieviä lämmönluovuttimia. Poistoilma kiertää ilmalämmitysyksikössä olevan lämmöntalteenottokennojen kautta ulos. (Kuva 15.) Ilmalämmitys on ollut pientaloissa yleinen lämmönjakotapa 70- ja 80-luvun taloissa. (27.)



KUVA 15 Ilmalämmityksen periaate (27)

Isommissa tiloissa, missä lämpötilan tasaisuus ei ole niin tärkeää, voidaan käyttää kiertoilmalämmitystä (18). Ilma kiertää lämmitysyksikön kautta, joka sijaitsee huoneessa tai sen läheisyydessä. Järjestelmässä itse ilmanvaihto toteutetaan erikseen.

Ilmalämmitysjärjestelmässä ilmavirrat ja tuloilman lämpötilat voivat vaihdella suuresti, mikä vähentää järjestelmän mukavuutta. Pienet ilmavirrat aiheuttavat useasti lämpötilakerrostumista. Suuret ilmavirrat voivat saada tilan epäpuhtaudet liikkeelle, minkä takia kaikissa ilmalämmitysjärjestelmissä ilma suodatetaan lämmityksen lisäksi. Uusia ilmalämmitysjärjestelmiä asennetaan nykyään lähes ainoastaan suuriin tiloihin, missä suuret ilmavirrat eivät haittaa. (27.)

5 VERTAILTAVAT TILAT

Vertailuun on valittu kolme eri tilaa lämmönluovuttimien tarkastelua varten: teollisuus-/varastohalli, myymälä ja toimistohuone. Jokaisen tilan koko ja käyttötarkoitus on erilainen, joten lämmönluovutusjärjestelmien eri ominaisuuksia saadaan hyvin vertailtua. Työssä olevat pohdinnat järjestelmien sopivuuksista perustuvat suureksi osaksi tekijän koulussa, töissä sekä itsenäisesti opittuihin tietoihin.

5.1 Teollisuus-/varastohalli

Teollisuus-/varastohalli on suuri ja korkea, esimerkiksi pinta-alaltaan 2000 m² ja korkeudeltaan 5 m. Lämmönluovutusjärjestelmän tulisi soveltua hyvin hallin mahdollisiin eri käyttötarkoituksiin. Teollisuuskäytössä laitteiden asettelu ja niiden muutokset eivät saisi vaikuttaa lämmitysjärjestelmän toimintaan. Hygienia voi olla tärkeää, eli laitteiden olisi pysyttävä puhtaina ja irtolika/pöly ei saisi kulkeutua ilmapurkauksien mukana tilassa. Hallia saatetaan pitää joskus pitkiäkin aikoja kylmänä, joten lämmönluovutusjärjestelmän olisi kestävä jäätyminen. Käyttötarkoituksesta riippuen hallin ovia saatetaan pitää yhtäjaksoisesti auki, mikä saattaa sekoittaa lämmönluovuttimien toimintaa. Halli voidaan varustaa mahdollisesti lattiakaivoilla ja sitä voidaan käyttää esimerkiksi pesutilana. Lämmönluovutusjärjestelmän olisi hyvä poistaa kosteutta. Lämpötilakerrostuminen on ongelmana korkeassa tilassa. Hallien rakenne ja lämmöneristämiskyvyt vaihtelevat hallin tyypistä riippuen.

Lämmönluovuttimien soveltuminen teollisuus-/varastohalliin

Patterilämmitys voi soveltua hallin lämmitykseen. Seinille sijoitetut patterit voivat vaikeuttaa laitteiden sijoittelua tilassa. Patterilämmitys aiheuttaa korkeassa tilassa lämpötilakerrostumista. Lämpötilakerrostumisen poistamiseksi on ilmaa kierrätettävä joko erillisellä puhaltimella tai ilmastoinnin avulla. Ovien pitäminen auki voi sekoittaa pattereiden toimintaa. Patterit eivät kuivata märkää lattiaa.

Lattialämmitys soveltuu halliin, mutta lattialle sijoitetut tavarat ja laitteet voivat haitata varsinkin sähkölattialämmitysjärjestelmän toimintaa. Suuret esteet voivat

heikentää lämmön siirtymistä lattiasta ilmaan, ja lattiaa vasten olevat tavarat ja laitteet voivat lämmetä haitallisesti. Teollisuuslaitteiden kiinnittäminen lattiaan on hankalaa, koska lattiarakenteen sisällä olevat lattialämmityspotket tai vastukset voivat rikkoontua. Lattialämmitys soveltuu hyvin tilaan, jos halliin ei sijoiteta suuria tavaroita eikä kiinnitettä laitteita. Lattialämmitys kuivattaa parhaiten märän lattian.

Säteilykattolämmitys soveltuu erinomaisesti hallin eri käyttötarkoituksiin. Säteily kulkee esteettömässä avonaisessa tilassa sen korkeudesta huolimatta hyvin lattiaan asti. Säteilylämmittimet vaativat kattorakenteen, johon säteilijät voidaan ripustaa. Säteilylämmitin ei kierrätä ilmaa, joten epäpuhtaudet eivät pääse hallitsemattomasti liikkeelle. Katossa sijaitsevat säteilylämmittimet eivät vaikuta laitteiden sijoitteluun, ja laitteiden paikkaa saa muuttaa vapaasti. (Kuva 16.) Kaasusäteilylämmityskin voi mahdollisesti soveltua, koska ylhäältä tuleva säteily toimii avonaisessa tilassa. Tilan hygieniatekijät voivat kuitenkin rajoittaa kaasusäteilijöiden käyttöä.

Ilmalämmitys soveltuu teollisuushalliin. Ilmalämmityksen on oltava vakio-ilmavirtainen, jotta vaihtelevat ilmavirrat eivät saisi epäpuhtauksia liikkeelle. Ilmalämmitys aiheuttaa pienillä ilman nopeuksilla lämpötilakerrostumista. Oikein asetetuilla tuloilman puhalluksilla saadaan auki olevien ovien aiheuttamaa lämpöpöhiötä pienennettyä. Hallin lämmitys voidaan yleensä toteuttaa ilmalämmityksellä hallin tyypistä riippumatta.



KUVA 16 Esimerkki halliin sijoitetuista kattosäteilijöistä (28)

5.2 Myymälä

Myymälän pinta-ala on esimerkiksi 500 m^2 ja korkeus 4 m. Tilavuus on näiden tulo eli 2000 m^3 . Elintarvikemyymälän lämmittämisen optimoimista hankaloittaa se, että samassa tilassa voi olla erilaisia lämmöntarpeita. Kassahenkilökunta tarvitsee hieman lämpimämmän oleskelutilan kuin ulkovaatteet päällä olevat asiakkaat. Tilakohtainen ohjearvo myymälätiloissa on $+18 \text{ }^\circ\text{C}$ ja kiinteillä työpisteillä sen sijaan $+21 \text{ }^\circ\text{C}$. Kassa-aluetta on lämmitettävä suoraan jollakin erillisellä lämmittimellä, jotta tuloilman lämpötila voi olla sama kuin myymälätiloissa $+18 \text{ }^\circ\text{C}$. (4.)

Suurien ulko-ovien aukaisu aiheuttaa suurta hetkellistä lämpöhäviötä ja vetoa. Käytettäessä pyöröovia tätä ongelmaa ei ole. Seinäpinnat voivat olla suureksi osaksi hyllyjen peittämät. Valaisimet ja kylmäkoneet aiheuttavat runsaasti läm-

pökuormaa, joten ilmaa kierrättämällä ja poistoilman lämmöntalteenotolla saadaan lämmittämisen tarvetta pienennettyä. Lämpökuormien takia lämmönluovutusjärjestelmän tulisi mielellään kesäisin toimia myös jäähdytykseen. Myymälät ovat ajoittain kiinni, esimerkiksi viikonloput ja pyhäpäivät, ja lämmönluovutusjärjestelmän olisi reagoitava käyttöaikojen vaihteluihin.

Lämmönluovuttimien soveltuminen myymälään

Patterilämmitystä käytetään myymälöissä ikkunoiden lämpöhäviöiden kompensoimiseksi, mutta muu seinäpinta on yleensä jätettävä hyllyjen käyttöön. Myymälöiden ikkunat ovat yleensä suuria, joten tällöin käytetään yleensä konvektoreita.

Lattialämmitys soveltuu ensisijaiseksi lämmönluovuttimeksi. Lattialämmitys on hankintakustannuksiltaan hieman korkea, mutta antaa tasaisesti lämpöä koko tilaan.

Säteilykattolämmitys soveltuu parhaiten myymälässä kassojen kohdelämmitykseen. Säteilylämmittimellä voidaan toteuttaa rakennusmääräyskokoelman D2 ohje kassojen korkeammasta lämpötilasta muuhun myymälään verrattuna. Päälämmönluovuttimeksi säteilylämmittimet voivat myös soveltua. On kuitenkin huomioitava, että ne voivat häiritä kylmähyllyjen ja pakastearkkujen toimintaa ja sijoitusta tilassa. Kaasusäteilijä ei sovi myymälään, koska hygieniatekijät ovat myymälätilassa tärkeitä.

Ilmalämmitys soveltuu ensisijaiseksi lämmönluovuttimeksi. Oikein sijoitetuilla tuloilmoilla saadaan ovien aukaisusta aiheutuvaa hetkellistä lämpöhäviötä ja vetoisuutta pienennettyä.

5.3 Toimistohuone

Toimistohuoneen pinta-ala on noin 16 m² ja korkeus noin 2,5 m, mikä vastaa keskimääräistä toimistohuoneen kokoa. Huonelämpötilan tulisi pysyä tasaisena, joten lämmönluovutinjärjestelmän tulisi reagoida nopeasti lämpökuormien vaihteluun. Toimistohuone on käyttämättömänä suurimman osan vuorokaudesta, mutta työaikaan ihmisistä ja tietokoneista tulee suuri lämpökuorma. Vetoa ei

saa huoneessa esiintyä, ja hygienia on huoneessa tärkeä. Huoneen alaosassa lämpötila saa kuitenkin olla hieman normaalia alhaisempi, koska toimistossa työskennellään harvoin paljain jaloin. Lämpötilakerrostuminen saadaan estettyä helposti pienessä tilassa ilmanvaihdon avulla. Toimistohuoneissa käytetään usein tilanjakajia, tai huoneita voidaan myös yhdistää isommiksi tiloiksi. Lämmönluovutusjärjestelmän tulisi kesällä soveltua myös jäähdytykseen.

Lämmönluovuttimien soveltuminen toimistohuoneeseen

Patterilämmitys soveltuu oletettavasti parhaiten toimistotilaan. Hankintakustannuksiltaan patterilämmitys on edullinen. Pattereilla saadaan tehokkaasti poistettua ikkunoista johtuva veto, ja ne reagoivat nopeasti lämpökuormien muuttuessa. Väliseiniä voidaan myös lisätä ja poistaa vapaasti.

Lattialämmitys voi soveltua toimistohuoneeseen. Lattialämmitys reagoi riittävän nopeasti lämpökuormiin. Lattiarakenne toimistorakennuksissa on lattialämmitystä varten hyvä, eikä toimistoissa ole yleensä suuria lämmön siirtymistä estäviä huonekaluja. Lattialämmityksen tuoma mukavuustekijä eli normaalia lämpimämpi lattia on sen sijaan tarpeeton. Hankintakustannukset ovat hieman muita järjestelmiä suuremmat, mikä ei tee lattialämmityksestä toimistohuoneessa välttämättä kannattavaa.

Säteilykattolämmitys voi mahdollisesti soveltua toimistoon. Järjestelmä reagoi nopeasti ja on hankintakustannuksiltaan edullinen. Vesikiertoisia lämmityspaneeleja voidaan käyttää kesällä myös jäähdytykseen. Kattolämmitys lämmitää tarpeelliset osat huoneesta ja lämmittää mukavasti toimistotyössä viileneviä käsiä. Säteilykattolämmityksellä ei kuitenkaan saada ikkunasta tulevaa vetoa poistettua, mikä olisi tärkeää toimistohuoneessa. Ikkunoiden lämpöhäviö on kompensoitava esimerkiksi patteri- tai ikkunalämmityksellä. Kaasusäteilijä ei sovellu toimistoon, koska sillä ei saada vetoa poistettua ja se on hygienialtaan huono.

Ilmalämmitys soveltuu toimistoon, mutta vetoisuuden vähentämiseksi ilma olisi puhallettava ikkunoiden alta lattiasta. Ilmalämmityksen mukavuustekijät ovat huonot, mutta lämpötilakerrostumista ei kuitenkaan pienessä tilassa pääse ilman liikkeessa haitallisesti syntymään.

6 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda rakentajille opas helpottamaan lämmönluovutusjärjestelmän valintaa. Työssä saatiin koostettua tärkeää ja helposti sovellettavaa tietoa lämmöstä ja lämmönluovutusjärjestelmien toimintaperiaatteista. Haasteena oli tuottaa tekstiä, jota kaikki ymmärtäisivät. Opinnäytetyössä yritettiin välttää vaikeiden ammattisanojen käyttöä, ja raportin alussa on tarvittavat termit selitetty. Työn rakenteesta saatiin selkeä, ja teksti etenee loogisesti yleisistä teorialiedoista omiin pohdintoihin. Lukija löytää helposti haluamansa tiedot sisällysluettelon perusteella.

Raportti pyrittiin pitämään mahdollisimman puolueettomana, joten lämmönluovutusjärjestelmien vertailuun ei ole otettu suoraan mukaan lähdetekstiä. Päätelemät ovat luotettavia, koska tiedot eivät perustu vain tiettyyn lähteeseen. Pohdinnat järjestelmien soveltuvuuksista pohjautuvat opinnäytetyöprosessia ennen ja sen aikana opittuihin tietoihin.

Lämmönluovutusjärjestelmien erilaisia toteutustapoja on lukuisia. Mikään lämmönluovutusjärjestelmä ei ole huono, ja harvoin tilaan sopii vain yksi tietty järjestelmä. Kaikilta lämmönluovutusjärjestelmiltä löytyvät omat vahvuutensa, joita hyödyntämällä saadaan aikaan toimivia ja energiatehokkaita ratkaisuja. Rakennus, johon järjestelmää suunnitellaan voi kuitenkin aiheuttaa rajoitteita tai esteitä jonkin lämmönluovutusjärjestelmän käytölle. Onkin erittäin tärkeää ottaa huomioon kaikki seikat, jotka vaikuttavat rakennuksen lämmitykseen. Usein lämmönluovutusjärjestelmää suunniteltaessa täytyy tehdä kompromisseja, jotta saataisiin mahdollisimman hyvin tiettyyn tilaan sopiva lämmitysjärjestelmä. Suunnitteluvaiheessa on arvioitava mieltymyksien, kustannuksien ja mahdollisuuksien mukaan, mitä lämmönluovutusjärjestelmältä vaaditaan. Näin pystytään tekemään harkittu päätös järjestelmän valinnasta.

Opinnäytetyöprosessi opetti minulle paljon, koska kattavan raportin tekeminen oli projektina minulle uutta. Aiheeseen perehtyminen tiivisti koko koulutuksen aikana oppimiani tietoja ja syvensi ammattitaitoani. Opinnäytetyön tekeminen kehitti yleisesti pohdinta-, päättely- ja ongelmanratkaisukykyäni.

Opinnäytetyön aiheen rajaaminen aluksi oli haastavaa, koska lähdemateriaalia lämmöstä ja lämmönluovutusjärjestelmistä oli tarjolla runsaasti. Raportista päädyttiin tekemään mahdollisimman tiivis opas, joka kuitenkin sisälsi sekä perustietoa lämmityksestä, että yksityiskohtaisempaa tietoa lämmönluovutusjärjestelmistä. Saatiin myös kerättyä hyvin tietoa rakentajalle olennaisista ja hyödyllisistä asioista.

Lämmönluovutusjärjestelmien soveltuvuutta eri tiloihin olisi tarpeellista tutkia tarkemmin. Raportin pohjalta saisi useita suunnittelijoille kohdennettuja jatkotutkimusaiheita. Jokaiseen tilaan voisi yksityiskohtaisemmin tutkia, mikä lämmönluovutusjärjestelmä on kustannustehokkain.

Opinnäytetyö saavutti tavoitteet rakentajan lämmönluovutusjärjestelmän valintaoppaana. Olen tyytyväinen työn lopputulokseen ja työhön koostetut tiedot ovat varmasti monille hyödyllisiä. Opinnäytetyössä esiintyvät asiat eivät myöskään vanhene, vaikka uusia lämmönluovutustapoja varmasti tulevaisuudessa keksitäänkin. Lämmönluovutuksen periaatteet pysyvät pohjimmiltaan kuitenkin aina samoina. Toivon, että työlläni olisi kymmeniä vuosia kantavia energiasäästäviä vaikutuksia.

LÄHTEET

1. David E. Watkins. Heating services in buildings. John Wiley & Sons. 2011. Saatavissa: http://books.google.fi/books?id=zGFWUusyhzC&pg=PA201&dq=heat+emitters&hl=fi&sa=X&ei=raUzUdRypKTgBOjZgJgB&redir_esc=y#v=onepage&q=heat%20emitters&f=false. Hakupäivä 23.2.2013.
2. Siegenthaler, John. 2003. Modern Hydronic Heating for Residential and Light Commercial Buildings, 2E. Delmar Publishers Inc.
3. Energiaekspertin työkirja. 2006. Motiva Oy. Kiinteistöalan kustannus.
4. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D2. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2003. Ympäristöministeriö. Saatavissa: http://www.ym.fi/fiFI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma.
5. Sisäilmastoseminaari. Terminen viihtyisyys säteilypaneeli- ja ilmastointipalkkijärjestelmällä. 2011. Kosonen, Mustakallio, Melikov, Duszyk. Saatavissa: http://www.sisailmayhdistys.fi/files/attachments/seminaari_2011/kosonen_risto.pdf. Hakupäivä 16.4.2013.
6. Virtuaali AMK -verkosto. Saatavissa: <http://www.amk.fi/index.php>. Hakupäivä 18.3.2013.
7. KIMO – black ball. Ei julkaisutietoja. Chevrier Instruments Inc. Saatavissa: <http://www.chevrierinstruments.com/Images/nouv-kimo-boule-noire.jpg>. Hakupäivä 18.4.2013.
8. D.C. Giancoli. Physics, Principles with Applications, third edition. 1991. Addison-Wesley.
9. M. Hautala, H. Peltonen. Insinöörin (AMK) Fysiikka, osa 1. 2009. Lahden teho-opetus Oy.
10. Y.V. Rao. Heat Transfer. 2001. Universities Press Limited.

11. Pientalorakentamisen Kehittämiskeskus Ry. Ei julkaisutietoja. Saatavissa: http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta. Hakupäivä 1.3.2013.
12. Tasauslaskentaopas. Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden osoittaminen. 2012. Ympäristöministeriö. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=135662&lan=FI>.
13. Energian hankinta ja kulutus. 2013. Tilastokeskus. Saatavissa: http://tilastokeskus.fi/til/ehk/2012/04/ehk_2012_04_2013-03-22_kuv_014_fi.html. Hakupäivä 2.2.2013.
14. Valtion energiasäästön palvelukeskus Motiva Oy. Saatavissa: <http://www.motiva.fi>. Hakupäivä 11.3.2013.
15. Lämmitysjärjestelmät ja lämmin käyttövesi – laskentaopas. 2012. Ympäristöministeriö. Tiedostonimi: Lämmitysjärjestelmät_Laskentaopas 2012 150911.pdf. Saatavissa google hakusanalla ensimmäisenä: ”lämmitysjärjestelmät ja lämmin käyttövesi – laskentaopas”. Hakupäivä 2.4.2013.
16. Suomen rakennusmääräyskokoelma, osa D3. Rakennusten energiatehokkuus, määräykset ja ohjeet 2010. Ympäristöministeriö. Saatavissa: http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma.
17. Suomen rakennusmääräyskokoelma, osa C4. Lämmöneristys, ohjeet 2003. Ympäristöministeriö. Saatavissa: http://www.ym.fi/fiFI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma.
18. KH 23-00369. Rakennusten lämmitys. 2007. Rakennustieto Oy. Tampere-Paino Oy.
19. Kattolämmitys. 2013. Sähköala.fi. Saatavissa: http://www.sahkoala.fi/koti/sahkolammitys/fi_FI/kattolammitys/. Hakupäivä 5.4.2013.
20. Lämmitysikkunat. 2013. Sähköala.fi. Saatavissa: http://www.sahkoala.fi/koti/sahkolammitys/fi_FI/lammitysikkunat/. Hakupäivä 11.3.2013.

21. Sentakia – pyyhekuivaimet. 2013. LVI-Grönholm Oy. Saatavissa:
<http://www.lvi-agentti.fi/tuotteet.html?id=96/331>. Hakupäivä 2.4.2013.
22. Kuka määrää patterin paikan? Ei julkaisutietoja. Suomela.fi toimitus. Saatavissa: <http://www.suomela.fi/lammitys-lvis/Lammityslaitteet/Kukamaaraa-patterin-paikan-48909>. Hakupäivä 15.3.2013.
23. Talon lämmitys. Ei julkaisutietoja. Elfoil Oy. Saatavissa:
<http://www.elfoil.fi/fi/talon-lammitys>. Hakupäivä 20.4.2013.
24. Suunnittelijan käsikirja. Zehnder ZBN kattolämmitys- ja -jäähdytysjärjestelmä. Julkaisutietoja ei saatavilla. Saatavissa:
<http://www.zehnder.co.uk/radiantheatingcooling/zehnder-ZBN,512.html>.
Hakupäivä 19.3.2013.
25. HOAF R- sarjan säteilijät. Ei julkaisutietoja. Saatavissa:
<http://www.fingas.fi/documents/R-yleinen.pdf>. Hakupäivä 15.4.2013.
26. Käyttöohje Polar infra 6100L & 6300L. 2001. Saatavissa:
http://www.polartherm.fi/upload/Kayttoohjeet/Kaasulammittimet/Infra_6100L___6300L__FIN_10-01.pdf. Hakupäivä 14.2.2013.
27. Ilmalämmitys ajan tasalle. 2012. Saatavissa:
<http://www.suomela.fi/lammitys-lvis/Lammitys-energiaAnna/ilmalammitys-ajan-tasalle-66732?pn=5>. Hakupäivä 14.2.2013.
28. Halli- ja korkeiden tilojen säteilylämmitys. Ei julkaisutietoja. Saatavissa:
<http://www.termovent.fi/tuotteet/kattosaateilyelementit/halli-ja-korkeiden-tilojen-saateilylaemmitys.html>. Hakupäivä 16.2.2013.

LÄHTÖTIETOMUISTIO

Tekijä Taneli Harju

Tilaaaja Juhani Mykkänen

Tilaaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot

AIRIX Talotekniikka Oy, Elektroniikkatie 3, 90590 Oulu

Työn nimi Lämmönluovutusjärjestelmän valinta

Työn kuvaus Työssä koostetaan rakentajalle perustietoja lämmöstä ja sen ominaisuuksista. Selitetään kuinka lämpö käyttäytyy huoneessa. Kootaan lämmöntarpeen määrittelyyn liittyviä perusteita. Työssä vertaillaan yleisimpien lämmönluovutusjärjestelmien sopivuutta erilaisiin tiloihin. Työssä esitetään kuinka tilojen koko ja käyttötarkoitus vaikuttavat lämmön luovuttimien valintaan.

Työn tavoitteet

Tavoitteena on luoda raportin muodossa oleva opas, joka toimii rakentajan apuna lämmönluovuttimien valinnassa. Oppaan avulla rakentajat perehtyvät lämmön ominaisuuksiin ja lämmön luovutuksen perusilmiöihin.

Tavoiteaikataulu

Työ on aloitettu tammikuussa 2013 ja työllä on tavoitteena valmistua huhtikuun 2013 loppuun mennessä.

Päiväys ja allekirjoitukset

Taneli Harju

Juhani Mykkänen

Oulu 25.1.2013

ESIMERKKI LISÄLÄMPÖHÄVIÖN LASKEMISESTA

Esimerkkiin valitaan toimistohuone. Huoneen koko on 4 m*4 m ja korkeus 2,5 m, joka vastaa keskimääräistä 1-2 hengen toimistohuoneen kokoa (kuva 17). Lasketaan lämpötilan kerrostumisen takia syntyvä ulkoseinän kautta johtuva lisälämpöhäviö.



KUVA 17 Esimerkki toimistosta

Kerrostumisesta johtuva lisälämpöhäviö lasketaan käyttäen kaavaa 4. Ikkunan pinta-ala olkoon 3 m². Ulkoseinän pinta-ala on leveys * korkeus - ikkuna eli 4 m * 2,5 m – 3 m² = 7 m². Ulkoseinän U-arvo olkoon 0,17 W/(m²K) (liite 3). Lämpötilan kerrostumisen myötä huoneen keskilämpötila voisi olla 1K korkeampi verrattuna tilanteeseen jossa kerrostumista ei olisi. Ajanjaksoksi valittakoon työpäivän pituus eli 8 h. Lasketaan: 7 m² * 0,17 W/(m²K) * 1K * 8 h = 9,5 Wh.

= Yhden työpäivän aikana menee noin 10 Wh lämpöä hukkaan. Jos rakennuksessa on lukuisia toimistohuoneita, voi lämpötilan kerrostumisen estäminen tuoda huomattavaa säästöä vuositasolla.

RAKENNUSOSIEN U-ARVOT

Rakennuksen vertailulämpöhäviön laskennassa käytettävät rakennusosakohtaiset lämmönläpäisykertoimet (RakMK C3).

Lämpimän, erityisen lämpimän tai jäähdytettävän kylmän tilan rakennusosien U-arvot:

seinä	0,17 W/(m ² K)
hirsiseinä (paksuus 180 mm)	0,40 W/(m ² K)
yläpohja ja	
ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,09 W/(m ² K)
ryömintätilaan rajoittuva alapohja (tuuletusaukkojen määrä alle 8 % alapohjan pinta-alasta)	0,17 W/(m ² K)
maata vasten oleva rakennusosa	0,16 W/(m ² K)
ikkuna, kattoikkuna, ovi, kattovalokupu, savunpoisto- ja uloskäyntiluukku	1,0 W/(m ² K)

Puolilämpimän tilan rakennusosien U-arvot:

seinä	0,26 W/(m ² K)
hirsiseinä (paksuus 180 mm)	0,60 W/(m ² K)
yläpohja ja	
ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,14 W/(m ² K)
ryömintätilaan rajoittuva alapohja (tuuletusaukkojen määrä alle 8 % alapohjan pinta-alasta)	0,26 W/(m ² K)
maata vasten oleva rakennusosa	0,24 W/(m ² K)
ikkuna, kattoikkuna, ovi, kattovalokupu, savunpoisto- ja uloskäyntiluukku	1,4 W/(m ² K)

Loma-asuntoa, johon on suunniteltu kokovuotiseen käyttöön tarkoitettu lämmitysjärjestelmä, koskevat vain vaipan lämpöhäviön vaatimukset. Vaipan lämpöhäviö saa olla enintään yhtä suuri kuin seuraavilla vertailuarvoilla laskettu lämpöhäviö:

ulkoilmaan rajoittuva alapohja

seinä 0,24 W/(m²K)

hirsiseinä

(hirsirakenteen keskimääräinen paksuus

vähintään 130 mm) 0,80 W/(m²K)

yläpohja ja 0,15 W/(m²K)

ryömintätilaan rajoittuva alapohja

(tuuletusaukkojen määrä alle 8 ‰

alapohjan pinta-alasta) 0,19 W/(m²K)

maata vasten oleva rakennusosa 0,24 W/(m²K)

ikkuna, kattoikkuna, ovi 1,4 W/(m²K)