

Hannu Savo

Lämpöhäviöt ja pattereiden lämmönluovutus- tehot 1980-luvun toimitilakiinteistössä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinööriytyö

01.11.2017

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Hannu Savo Lämpöhäviöt ja pattereiden lämmönluovutus- tehot 1980-luvun toimitilakiinteistössä. 38 sivua + 12 liitettä 01.11.2017
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	LVI-suunnittelu
Ohjaajat	isännöitsijä Arto Myllymäki yliopettaja Aki Valkeapää
<p>Insinööriyön lähtökohtana oli selvittää esimerkkikohteena olevan rakennuksen rakenteiden U-arvot ja lämmitystehon tarve sekä tutkia lämmityspattereiden riittävyttä kyseessä olevassa kiinteistössä. Kohteena oli Espoossa sijaitseva kaksikerroksinen toimistorakennus, jossa kiinteistöstä saatujen ennakkotietojen mukaan talven kovemmissa pakkasilla lämmitys oli ollut riittämätöntä.</p> <p>Tutkimuksessa käytettiin apuna alan kirjallisuutta ja julkaisuja sekä alan ammattilaisilta saatuja tietoja. Tämän lisäksi kiinteistössä tehtiin paljon taustatyötä, jonka avulla lämmitysjärjestelmää voitiin selvittää tarkemmin. Työssä esitellään ja käydään läpi myös lämmitysverkoston oleelliset pääosat, jotka liittyvät verkoston toimintaan.</p> <p>Tutkimus koostui taustatyöstä, jossa selvitettiin eri aikakausina käytettyjä rakenteita ja materiaaleja. Työssä käytettiin apuna kiinteistöstä saatavia vanhoja dokumentteja, kuten rakennus- ja LVI-piirustuksia. Tämän jälkeen havainnollistettiin esimerkkilaskelmien kautta radiaattoreiden lämmönluovutustehoja. Näitä selvitettyjä ja laskettuja tuloksia kerättiin yhteenvetotaulukoihin.</p> <p>Laskelmien tuloksia vertailemalla saatiin selville, että kiinteistössä olemassa olevat patterit eivät olleet riittävän tehokkaita nykyisillä lämpötilojen ohje-arvoilla ja nykyisillä EN 442-standardin mukaisilla ohjeilla laskettuna. Sen sijaan vanhojen standardien mukaisesti lasketuilla ja niillä saaduilla tuloksilla olisivat lämmönluovutustehot olleet riittäviä.</p>	
Avainsanat	LVI, patterilämmitys, lämmitysjärjestelmä

Author Title Number of Pages Date	Hannu Savo Heat losses and heat transfer power of radiators in the 1980's office property. 38 pages + 12 appendices 01. November 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	HVAC Engineering
Instructors	Arto Myllymäki Property Manager Aki Valkeapää Principal Lecturer
<p>The aim of the final year project was to establish the U-values and the heating power need of, as well as the sufficiency of radiators in an office building in Espoo. The study was based on literature and publications in the field, as well as on information from professionals. Structures and materials common in different periods were studied, and old documents about the real estate, such as building and plumbing drawings, were used to find out more about the heating system. Furthermore, the thesis introduced the most important parts of the heating network.</p> <p>The thesis illustrated the heat transfer efficiencies of the radiators, and collected the measured and calculated values in summary tables. By comparing the values, it was established that the existing radiators in the building are not effective enough to fulfil the current EN 442 standards. On the other hand, when the values were calculated and obtained in accordance with the old standards, the heat transfer efficiency would have been sufficient.</p> <p>The thesis offers an insight into how changes in standards and structures affect the acceptability of some design solutions. This is especially useful for designers who work with renovations.</p>	
Keywords	HVAC, radiator heating, heating systems

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Kaukolämpöön liitetty vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä	1
3	Vesikiertoisen patterilämmityksen pääosat	2
3.1	Lämmönjakokeskus	3
3.2	Kiertovesipumppu	4
3.3	Termostaattinen patteriventtiili	7
3.4	Lämmönlvovuttimet	8
3.5	Linjasäätöventtiili	12
3.6	Kalvopaine-astia	14
3.7	Varoventtiili	16
4	Katto- ja ilmalämmitys	16
4.1	Säteilykattolämmitys	16
4.2	Ilmalämmitys	17
5	Tilakohtaiset lämmittimet	18
6	Lämmönlvovuttimien mitoitus ja valinta	18
7	Projektin lähtökohdat ja tavoitteet	26
7.1	Projektikohteen tiedot	26
7.1.1	Kiinteistön pinta-alat ja tilavuudet	27
7.1.2	Kiinteistön kantavat rakenteet ja eristeet	27
7.2	Lämpöhäviölaskelmat	28
7.3	Lämmityspatterien nimellistehojen laskeminen	31
8	Yhteenveto	33
	Lähteet	35

Liitteet

- Liite 1. Valmistajan ohje ripaputkipatterin lämmönlvovutukselle
- Liite 2. Högfors-radiaattorit 1973
- Liite 3. Högfors-radiaattorit 1981

- Liite 4. Högfors-radiaattorit 1986
- Liite 5. Purmo-radiaattorit 1976
- Liite 6. Purmo-radiaattorit 1981
- Liite 7. Purmo-radiaattorit 1986
- Liite 8. Purmo-radiaattorit 2017
- Liite 9. Radiaattoritehdas Salomaa, radiaattorit 1997
- Liite 10. Radiaattoritehdas Salomaa, radiaattorit 2017
- Liite 11. Yhden toimistohuoneen lämpöhäviölaskelma
- Liite 12. Rakennuksessa oleva ikkunarakenne

Lyhenteet

EN	Eurooppalainen standardi, jonka jokin eurooppalaisista standardikomiteoista (ESO) on vahvistanut.
HTT-palkki	Teräsbetoni-laatta-elementti, joka asennetaan rakennuksen yläpohjaan.
SFS	Suomen Standardisoimisliitto SFS ry
SFS-EN	Standardi, joka on voimassa sekä Suomessa että Euroopassa.

1 Johdanto

Opinnäytetyön aiheena oli tutkia vuonna 1983 valmistuneen Espoossa sijaitsevan toimisto- ja liikerakennuksen lämmitystehon tarvetta ja selvittää, vastaavatko rakennuksen lämmönluovuttimien eli radiaattorien lämmönluovutustehot huoneiden lämmityshontarvetta. Työn tilaajana on Newsec Asset Management Oy, joka isännöi kiinteistöä. Tämä tutkimuskohde sijaitsee osoitteessa Olarinluoma 10, Espoo. Rakennus on kaksikerroksinen, ja siinä on tiloja yhteensä 2 000 m² ja tontin pinta-ala on noin 1 100 m². Kiinteistössä tehtiin kuntokartoitus syksyllä 2016 ja siinä kerättiin tietoa kiinteistön rakenteista sekä lämmitysjärjestelmän ja ilmanvaihtojärjestelmien toteutustavoista. Rakennuksessa on toimistotilojen ilmastointijärjestelmänä tulo- ja poistokoneet, joissa ei ole lämmöntalteenottoa ja hallin osassa on neljä tuloilmakonetta ja kaksi huippuimuria. Kiinteistöön tuotetaan lämpöä kaukolämmöllä ja lämmitysjärjestelmänä on vesikiertoinen patterilämmitys.

Opinnäytetyössä on käytetty apuna kiinteistöstä olemassa olevia dokumentaatioita, kuten rakennus- ja LVI-piirustuksia, sekä syksyllä 2016 tehdyn kuntokartoituksen pohjatietoja, kirjallisuustietoa sekä internetistä saatavia verkkodokumentteja ja Suomen rakentamismääräyskokoelmasta (osat C4, D3 ja D5) saatavia tietoja. Tämän työn painopisteenä tulee olemaan lämpöhäviöiden laskenta sekä lämmityspattereiden mitoitus. Työssä esitellään myös lämmitysjärjestelmän pääosat.

2 Kaukolämpöön liitetty vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä

Vesi on yleisimmin käytetty väliaine keskuslämmitysjärjestelmässä hyvän lämmönsiirtokykynsä ansiosta. Muita mahdollisia väliaineita voi olla esimerkiksi höyry ja ilma. Järjestelmä jakautuu seuraavasti: lämmönlähde, lämmönsiirtoverkosto ja lämmönluovuttimet. [29, s. 119.] Vesikiertoisessa lämmitysjärjestelmässä vesi lämpenee lämmönlähteessä, jonka jälkeen se johdetaan putkistoa myöten lämmönluovuttimille. Tämän jälkeen lämmönluovuttimet luovuttavat lämpöä oleskelutiloihin ja edelleen vesi palautuu uudelleen lämmönvaihtimelle lämmitettäväksi. [5, s. 115.] Lämmitysjärjestelmän tärkeimpänä tehtävänä on tuottaa rakennuksen ilmanvaihdon ja käyttöveden tarvitsema

teho ja energia sekä ylläpitää kiinteistössä viihtyisät, terveelliset ja turvalliset olosuhteet, vaikka säätila ulkona muuttuisikin.

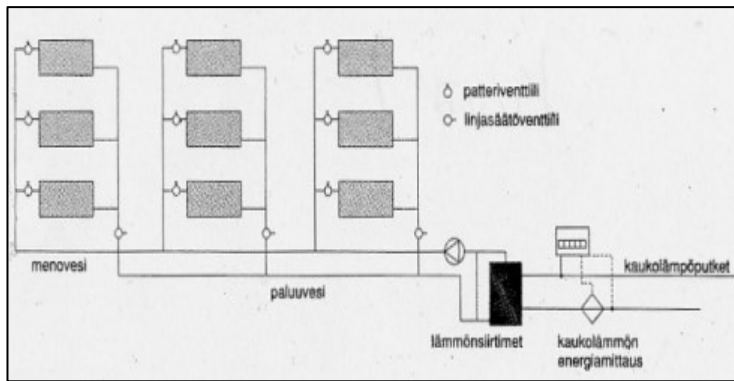
Kun kaukolämmityksessä tuotetaan sähköä ja lämpöä yhteistuotannossa, voidaan polttoaineen energiaa hyödyntää jopa 80–90-prosenttisesti, jolloin voidaan sanoa, että kaukolämpö on myös mittavaa energian- ja ympäristönsäästöä. Voimalaitoksessa tai lämpökeskuksessa tuotettua lämpöä siirretään kaukolämmityksellä kuumana vetenä asiakkaille maan alle asennettujen putkien kautta. Lämmönsiirtimien välityksellä kaukolämpöputkissa kiertävä vesi luovuttaa lämpöä kiinteistön lämmitysverkostoon ja lämpimään käyttöveteen ja palautuu sen jälkeen jäähtyneenä takaisin lämpölaitokselle ja siellä kaukolämpövesi lämpenee uudestaan (kuva 1). Kaukolämpövesi tulee kiinteistöön 65–115 °C:n lämpötilassa ja vaihtelee sään mukaan. Kesällä lämmön tarve on alhaisimmillaan ja lämpöä tarvitaankin vain käyttöveteen. [8.] Kiinteistöltä vesi palaa lämpölaitokselle 25–50 °C:n lämpöisenä [9, s. 93]. Putkien sisäpuolisen korroosion estämiseksi ja hapen ja mekaanisten epäpuhtauksien poistamiseksi kaukolämpövesi on käsitelty. Mahdollisten vuotojen, tai vaurioiden paikantamiseksi kaukolämpövesi on usein käsitelty myös väriaineella. Vihertävä väriaine ei ole terveydelle eikä ympäristölle vaarallista. [8.]



Kuva 1. Kaukolämmön jakelu [1].

3 Vesikiertoisen patterilämmityksen pääosat

Lämmitysjärjestelmä (kuva 2) muodostuu erilaisista tärkeistä osista, kuten lämmönjakokeskus, kiertovesipumppu, sulku- ja säätöventtiilit, termostaattiset patteriventtiilit, lämmityspatterit, kalvopaine-astia ja varoventtiili. Muita lämmitysverkoston osia ovat mm. takaiskuventtiili, lianerotin, ilmanpoistin, lämpömittari ja painemittari.



Kuva 2. Kaukolämpöön liitetyn rakennuksen lämmitysjärjestelmän pääosat [2].

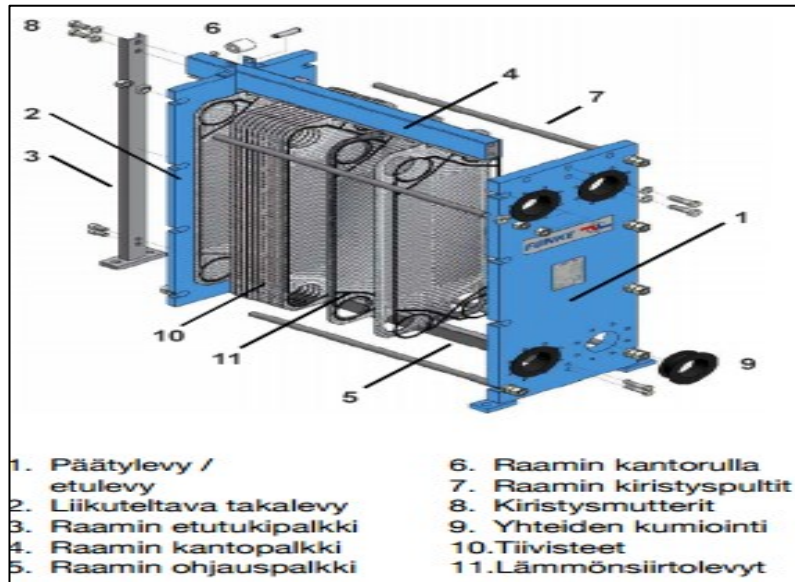
3.1 Lämmönjakokeskus

Kun rakennus on liitetty paikallisen energialaitoksen kaukolämpöverkoston, tulee lämpö rakennukseen paikalliselta lämpölaitokselta. Kaukolämpö siirtyy rakennukseen lämmönsiirtimen välityksellä siten että lämmönjakokeskuksen (kuva 3) siirtimen läpi virtaa kaukolämpövedtä. Lämmönsiirtimistä käytetään myös nimitystä lämmönvaihdin ja lämmönjakokeskus sisältää ainakin kaksi lämmönsiirintä. Toinen siirtimistä lämmitystä varten ja toinen käyttövedtä varten [11]. Tehdasvalmisteinen kaukolämmön alajakokeskus on valmiiksi kasattu kokonaisuus, johon on sisällytetty ensiö- ja toisiopuolen lämmönsiirtimet, pumput, säätö- ja varolaitteet. Kaukolämpöverkoston vesi kiertää ensiöpuolen lämmönsiirtimissä. Kaukolämmön myyjän toimittamilla laitteilla mitataan kiertävän veden määrä ja lämpötilaero.



Kuva 3. GST-lämmönjakokeskus [4].

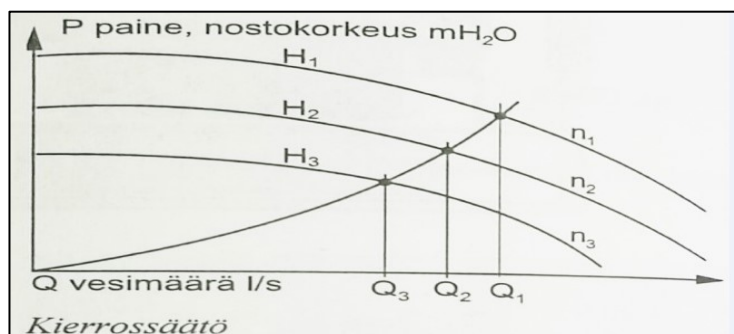
Tehokkaan lämmönsiirtonsa ja sen johdosta pienen kokonsa vuoksi lämmönsiirtimet ovat yleisesti levylämmönsiirtimiä (kuva 4). Levylämmönsiirtimien rakennelämpötila on 120 °C [9, s. 94].



Kuva 4. Levylämmönsiirtimen rakenne [10].

3.2 Kiertovesipumppu

Kiertovesipumpun pyörimisnopeutta muuttamalla (kuva 5) voidaan säätää tilavuusvirtaa ja nostokorkeutta. Valittavana on kolme tai neljä pyörimisnopeusvaihtoehtoa. Jokaista valittua vaihtoehtoa vastaa oma pumpun käyrä. Pumpun toimipiste voidaan katsoa verkoston ja pumpun käyrän leikkauspisteestä. [5, s. 132.]



Kuva 5. Säätö pyörimisnopeutta muuttamalla [5, s. 132].

Kuivamoottoripumput ja märkämootoripumput ovat talotekniikassa yleisesti käytettyjä pumpputyyppejä. Kuivamoottoripumpussa tuuletin jäähdyttää moottoria, jolloin sähkömoottorin tuottamaa lämpöä ei välity pumpattavaan nesteeseen. Kuivamoottoripumppu sopiikin näin ollen paremmin jäähdytysjärjestelmän pumpuksi. Pumpun moottori ja pumpun hydraulikka on erotettu toisistaan akselitiivisteiden avulla. Tämäntyyppinen pumppu soveltuukin paremmin vettä tiheämpien aineiden pumppaamiseen kuin märkämootoripumppu.

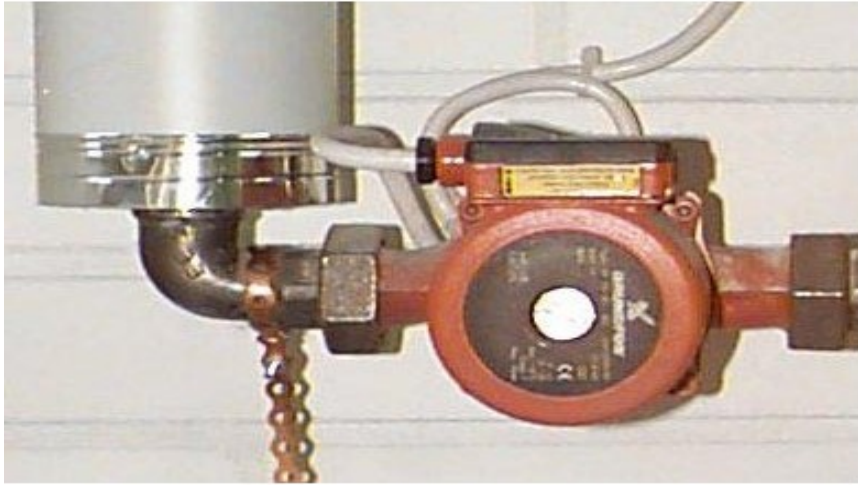
Suuremmissa laitoksissa ja teollisuudessa kuivamoottoripumppu (kuva 6) onkin yleisemmin käytetty pumpputyyppejä. Kuivamoottoripumppu on rakenteeltaan huoltoa enemmän vaativampi kuin märkämootoripumppu, sillä esimerkiksi akselitiiviste saattaa vuotaa ajan mittaan. Koska kuivamoottoripumpun sähkömoottori ei ole tekemisissä pumpattavan nesteen kanssa, se voi olla siten myös pitkäikäisempi. [6.]



Kuva 6. Kuivamoottoripumppu [6].

Märkämootoripumpussa (kuva 7) roottorin ja laakeroinnin ympärillä on pumpattava neste. Nesteen tehtävänä on jäähdyttää moottoria ja voidella pumpun laakereita. Pumpun sähkömoottori tuottaa lämpöä ja siirtää lämmön pumpattavaan nesteeseen.

Märkämootorin tuoma lämpö saadaan hyödyksi, joten se parantaa lämmitysjärjestelmän hyötysuhdetta. Märkämootoripumppu on hiljaisempi käyntiääneltään ja on huoltovapaampi kuin kuivamoottoripumppu, koska kuivamoottoripumpussa on moottorin ja pumpun pesän välillä mekaaninen tiiviste, joka vaatii huoltoa. Märkämootoripumppu ilmataan erikseen moottorin päästä [6].



Kuva 7. Märkämootoripumppu [6].

Nykyisin talotekniikassa on käytössä pääasiassa taajuusmuuttaja-ohjattuja pumppuja (kuva 8). Ne säästävät energiaa ja helpottavat verkoston tasapainotusta. Keväällä, kun aurinko lämmittää päivän aikana rakennuksen eteläsivua, huoneet lämpenevät ja patteritermostaatit sulkevat kierron pattereista ja normaalisti tavallinen ohjaamaton pumppu antaa samanlaista vesivirtaa, vaikka termostaatit ovat kiinni. Tällöin veden virtausnopeus lisääntyy verkostossa ja aiheuttaa ääntä putkistossa. Taajuusmuuttajatoiminnalla varustetulla pumpulla ei tätä ongelmaa ole, vaan siinä pyörimisnopeus pienenee, jolloin virtaus myös pienenee. [6.]



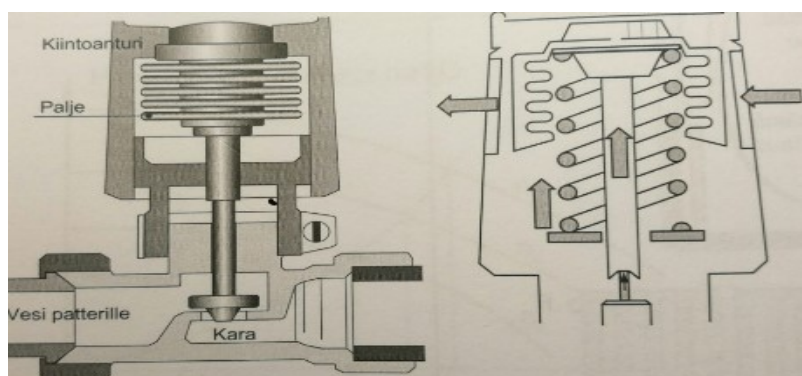
Kuva 8. Taajuusmuuttajaohjattu pumppu [6].

3.3 Termostaattinen patteriventtiili

Termostaattinen patteriventtiili (kuva 9) on kokonaisuus, johon kuuluu mekaaninen patteriventtiili ja termostaattianturi. Termostaattinen patteriventtiili säätelee patterin läpi virtaamaa vesivirtaa huoneen lämpötilan ohjaamana ja pitää huoneen lämpötilan siinä arvossa, johon se on säädetty. Termostaattiosa tunnustelee ympäristöä ja hyödyntää ihmisistä, laitteista ja auringonlämmöstä saatavaa ilmaislämpöä. Sen toiminta perustuu väliaineena olevaan aineeseen, joka voi olla nestettä, kaasua, tai vahaa. Kun lämpötila nousee huoneessa, aine termostaatissa laajenee ja paine termostaattiosan palkeessa kasvaa ja venttiili sulkeutuu. Kun taas lämpötila huoneessa laskee, aineen tilavuus laskee ja venttiili avautuu. [9, s. 76.] Termostaatti-osa voi olla joko kiinto- tai irtoanturilla varustettu.

Patteriventtiilin esisäätöosa säädetään aina LVI-suunnitelman mukaiseen säätöarvoon ja muutetaan vain, kun patteriverkosta perussäädetään.

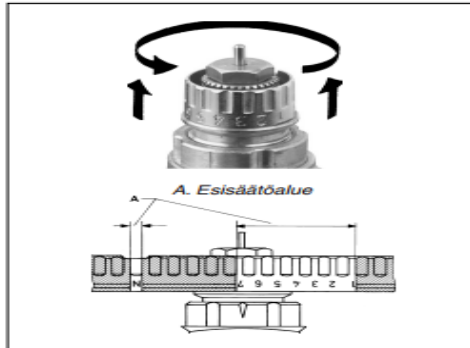
Patteritermostaatin toiminnan kannalta on tärkeää, että asennusvaiheessa huolehditaan siitä, että termostaattiosa pystyy esteettömästi tuntemaan huoneen lämpötilan. Mikäli patteriventtiili jostain käytännön syystä joudutaan asentamaan sellaiseen paikkaan, tai asentoon, jossa termostaatti ei toimisi täysin oikein, on käytettävä mieluummin irtoanturilla varustettua termostaattia. Irtoanturi-osa voidaan sijoittaa silloin paremmin lämpötilamittauksen kannalta. [7.]



Kuva 9. Termostaattiventtiili ja kiintoanturi [9, s. 76].

Kuvassa 10 on esitetty patteriventtiilin esisäätö. Haluttu esisäätöarvo saadaan nostamalla esisäätöpyörää ja kääntämällä se oikean esisäätöarvomerkkin kohdalle. Säätöarvot valitaan venttiilissä olevien esisäätö numeroiden 1–7 väliltä, puolen numeron tark-

kuudella. Venttiili on täysin auki asennossa, kun esisäätömerkki on kohdassa N. Venttiilin virtaama saadaan painehäviökäyrästä paine-eron suhteessa eri esisäätöarvoilla.



Kuva 10. Venttiilin esisäätö [15, s. 2].

3.4 Lämmönluovuttimet

Lämmityspatteria käytetään yleisesti lämmönluovuttimena varsinkin asuinkerrostaloissa. Vesikiertoiset lämmityspatterit asennetaan lämmitysjärjestelmään, ja lämmin vesi kiertää joko kiertovesipumpun avulla tai ns. vapaakierrolla huoneeseen ja edelleen huonetilasta ja patterista toiseen.

Pattereista yleisimpiä malleja ovat radiaattorit, eli levyradiaattorit, konvektorit, eli matalat konvektiolevyillä tehostetut patterit, valurautaiset liitepatterit ja sisustusradiaattorit. Pattereiden lämmönluovutus tapahtuu konvektiona ja säteilemällä, joten niitä ei saa peittää, koska suunniteltua lämmönluovutusta ei silloin saavutettaisi. Patterit tulisi sijoittaa siten, että lämpöä virtaa tasaisesti koko huoneeseen ja kaikkialla huoneessa olisi tasainen lämpötila. Patterit suunnitellaan sijoitettavaksi ikkunoiden alapuolelle, huoneen kylmälle seinälle, jolloin ne tasaavat ikkunoiden kautta tulevaa viileämpää ilmaa ja poistavat vedon tunnetta. Patterin pituus valitaan yleensä symmetrisesti ikkunan levyiseksi. [9, s. 75.]

Lämmityspattereiden ja niiden osien rakenteen, materiaalin ja pintakäsittelyn tulee kestää normaalia käyttöä ja käyttöolosuhteita ilman haitallista sisä- tai ulkopuolisen kor-

roosion muodostumista. Pattereiden on tarkoitus luovuttaa vaadittu lämpöteho suunnitelluilla lämpötiloilla. [22, s. 6.]

Levyradiaattorit (kuva 11) ovat teräslevystä poimuttamalla valmistettuja pattereita. Poimutuksen avulla saadaan pattereihin vesisolat. Pattereita valmistetaan yksi-, kaksi- tai kolmielevyisinä malleina. Kaksi- tai kolmielevyisillä pattereilla äänenvaimennus saadaan paremmaksi ja lämmönluovutus suuremmaksi. Radiaattoreita valmistetaan myös konvektiolevyillä, jolloin patterin pinta-ala kasvaa ja lämmönluovutus tehostuu. [9, s. 75.]



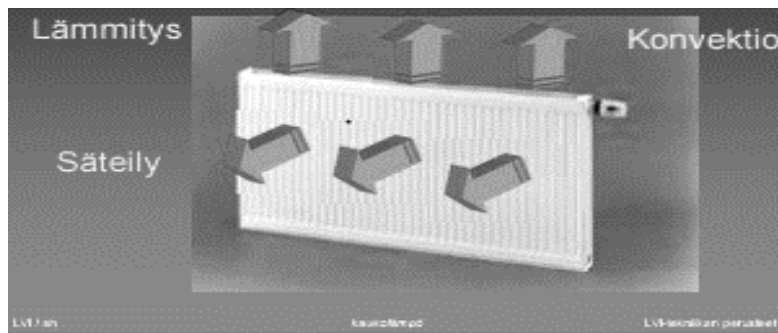
Kuva 11. Purmo Compact -levyradiaattori [16, s. 13].

Konvektorit (kuva 12) ovat rakenteeltaan matalia ja sopivat hyvin isojen ikkunapintojen alapuolelle. Konvektorit ovat rakenteeltaan kuin litteitä teräsputkia yhdistettyinä, ja niiden ympärille on lisätty konvektiolamelleja lisäämään pinta-alaa. Konvektoreista siirtyykin lämpöä pääasiallisesti konvektion avulla. [9, s. 75.]



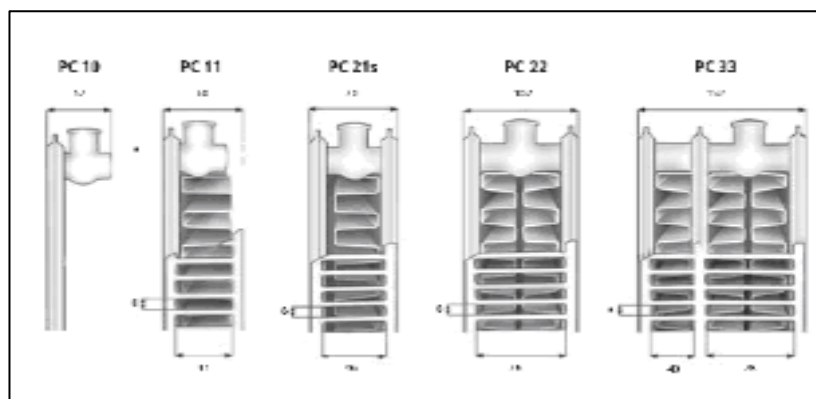
Kuva 12. Purmo KON, konvektoripatteri. [16, s. 73.]

Lämmityspatteri luovuttaa lämpöä huoneilmaan säteilemällä ja konvektiolla (kuva 13). Patterin rakenteesta riippuu konvektion ja säteilyn määrä. Konvektiossa lämmönluovutus toimii siten, että huoneilma kiertää patteripintojen kautta. Säteily tarkoittaa sitä, että patterin pinnoista säteilee lämpöä huoneeseen [17].



Kuva 13. Patterin säteily ja konvektio [13].

Kuvassa 14 on nähtävissä rakenteeltaan erilaisia radiaattorimalleja. Kun kyseessä on rakenteeltaan yksilevyinen radiaattori (merkintä PC10), konvektion ja säteilyn lämmönsiirtosuhte on 50/50. Kaksilevyisessä patterissa (merkintä PC22), suhde on silloin 30 % säteilyn osuudelle ja 70 % konvektion osuudelle. Jos patteri on rakenteeltaan 3-levyinen radiaattori (PC33) ja siinä on yksi konvektiolevy, suhde on silloin säteily 25 % ja konvektion osuus 75 %. Konvektoripatterissa säteilyn osuus on 10–15 % ja konvektion osuus on 85–90 % [14]. (Taulukko 1.)



Kuva 14. Levyradiaattoreiden rakenteita [16, s. 14].

Taulukko 1. Perustyyppisten lämmönluovuttimien lämmitystehon jakautuminen

Perustyyppi	Säteilyn osuus (%)	Konvektion osuus (%)
1-levyinen radiaattori	50	50
2-levyinen radiaattori	30	70
3-levyinen radiaattori	25	75
Konvektori	15...10	85...90

Liiteradiaattori on melko yleinen radiaattorimalli, joka on erillisistä teräslevyistä, tai valuraudasta valmistetuista moduuleista kokoonpantu radiaattorityyppi. Valuraudasta valmistettuja liitepattereita ei tosin ole pitkään aikaan valmistettu Suomessa. Liitepattereilla on haettu aikaisemmin käytössä olleiden valurautapattereiden korvaajia. Kuvasta 15 voidaan havaita, että esimerkiksi patterivalmistaja Purmon Delta Laserline -radiaattorimalli on valmistettu jakeista, jotka on laserhitsattu yhteen. Tämäntyyppisiä radiaattoreita käytetään lähinnä sisustuspattereina. [16, s. 92.]



Kuva 15. Purmo Delta Laserline, jaeradiaattori [16, s. 93].

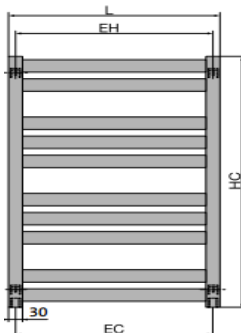
Ripaputkipatteri (kuva 16) on putkilomallinen lämmitin, ja se koostuu loimuripaputkesta yhteineen sekä seinä- tai lattiakannakkeista. Ripaputkipatteri soveltuu matalan rakenteensa vuoksi hyvin erilaisten sisätilojen lämmittämiseen, esimerkiksi suurien lasiseinien yhteyteen, koska se vie vain vähän lasipinta-alaa. Tämäntapaisia kohteita ovat esimerkiksi konservatoriot, aula- ja vastaanottotilat sekä näyttelyhallit. Patterin rivoitus mahdollistaa sen, että patterin lämpöpinta on suuri verrattuna sen kokoon, mikä mah-

dollistaa tehokkaan lämmönsiirron. Ripaputkipatterin pinnat on myös helppo pitää puhtaina. [23, s. 2.]



Kuva 16. Ripaputkipatteri [23, s. 1].

Vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään sopivat pyyhekuivaimet (kuva 17) kattavat tavallisesti koko kylpyhuoneen lämmöntarpeen. Ne on valmistettu yleensä kromatuista kupariputkista, mutta niitä on saatavissa maalattuinkin.



Kuva 17. Purmo JAVA -pyyhekuivain lämmitysjärjestelmään [16, s. 117].

3.5 Linjasäätöventtiili

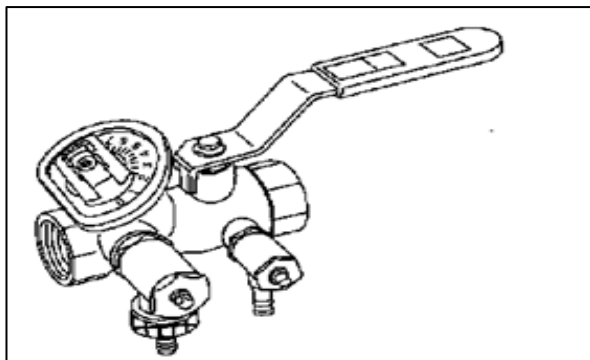
Lämmitysjärjestelmässä olevalla linjasäätöventtiilillä (kuva 18 ja 19) saadaan jakeluverkostoon oikea virtaama. Säädön tarkoituksena on turvata kierto kaikille linjoille [7]. Linjasäätöventtiilin asennuskohta on lämmitysputkiston paluupuolella, yleensä verkoston alussa, kun linjat jakaantuvat lämmönjakokeskuksen jälkeen. Tällöin jokaisesta linjasta voidaan säätää erikseen veden virtaama. Linjasäätöventtiilin parina toimii usein sulkuventtiili verkoston menoputkessa.

Linjasäätöventtiili asennetaan tarvittaessa erikseen myös putkistolinjan välille. Linjasäätöventtiilissä olevista mittausyhteistä voidaan mitata paine-eroa ja virtaamaa. Veden virtausta voidaan kuristaa asettamalla venttiiliin suunnittelupiirustuksissa näkyvä esisäätöarvo. Tosin vanhojen rakennusten piirustuksissa näitä säätöarvoja ei ole merkitty. Suunnittelijan tehtävänä on silloin laskea ja mitoittaa lämmitysjärjestelmä ja määrittää näin säätöarvot. Mitatuista paineista saadaan selville nesteen paine-ero ennen ja jälkeen linjasäätöventtiilin säätöosan.

Linjasäätöventtiili asennetaan usein rakennuksen pystylinjan alkuun, kellarikerrokseen, jolloin venttiilillä voidaan säätää jokaisen linjan virtaamaa. Linjasäätöventtiilin koko määräytyy putkikoon mukaan. Vanhoissa kiinteistöissä, joissa on suuret putkikoot, on myös mahdollista käyttää kokoa tai kahta pienempää linjasäätöventtiiliä, jotta päästään hyvälle esisäätöalueelle. Kuvassa 18 on esitetty IMI Hydronicsin, ja kuvassa 19 Oraksen linjasäätöventtiilimalli.



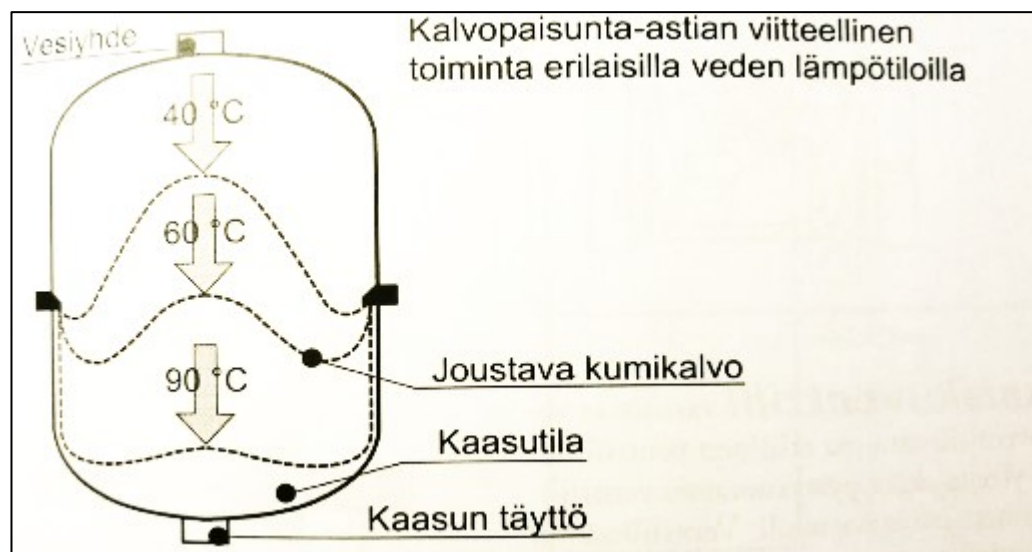
Kuva 18. STAD-linjasäätöventtiili [12].



Kuva 19. Oras-linjasäätöventtiili [11].

3.6 Kalvopaine-astia

Lämmitysverkoston putkisto ja muut laitteet eivät pääse laajenemaan samalla tavoin kuin vesi laajenee, joten lämmitysverkosto on varustettava veden laajenemisen huomiointtavalla paisuntalaitteistolla. Veden laajenemisen vaikutuksia lämmitysverkostossa voidaan tasata paisunta-astialla ja paisuntalaitteistolla ja varmistaa, että myös rakennuksen ylimpien kerrosten lämmityspattereissa virtaa vettä. Kalvopaisunta-astia on rakenteeltaan sellainen, että sen joustavan kumikalvon toisella puolella on yleensä typpikaasua ja toisella puolella on lämmitysverkoston vettä. Kaasun paine vaikuttaa kalvon toisella puolella ja verkoston veden paine toisella. [5, s. 127.] Kun veden lämpötila kasvaa, myös veden höyrynpaine kasvaa. Veden lämpötilan muuttuessa patteriverkostossa myös veden tilavuus muuttuu. Kun vesi lämpenee, veden tilavuus kasvaa ja veden jäähtyessä taas tilavuus pienenee. Liiallisesta paineen kohoamisesta voi aiheutua vaurioita verkostossa, ja tästä syystä verkostoon on asennettava paisunta-astia, joka takaa sen, että laajeneva vesi pääsee virtaamaan astiaan, ja kun vesi jäähtyy, se pääsee vastaavasti virtaamaan takaisin verkostoon. [29, s. 200.] Kuva 20 on esimerkkikuva kalvopaisunta-astian toiminnasta eri lämpötiloilla.



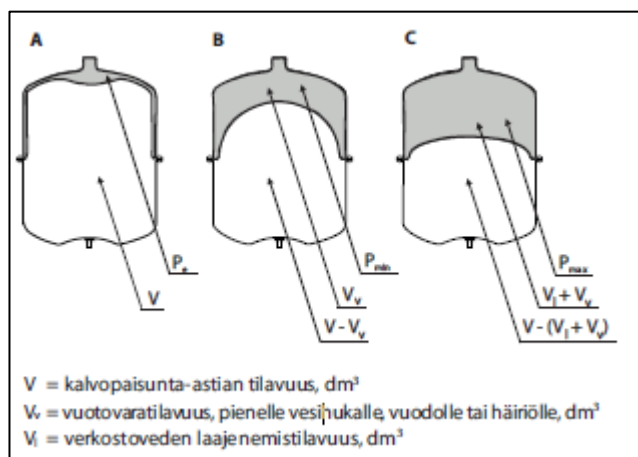
Kuva 20. Kalvo-paisunta-astian toiminta [9, s. 83].

Oikein mitoitettu paisuntajärjestelmä pidentää järjestelmän käyttöikää sekä vähentää huollon tarvetta ja hälytyskäyntien määrää. Verkostossa syntyvät paineen muutokset, ottaa vastaan paisunta-astiassa oleva kaasutäyte (typpikaasu). Kaasutäyte on paisun-

tasäiliössä paineellisessa tilassa, joka riippuu rakennuksen korkeudesta. Tätä painetta kutsutaan esipaineeksi. [18, s. 1.]

Kun paisunta-astiaa mitoitetaan, lähtötiedoiksi tarvitaan verkoston vesitilavuus ja paisuntajärjestelmän alku- ja loppupaine. Esipaine määritellään paisunta-astian ja verkoston korkeimman kohdan korkeuserojen perusteella. Esipaine mitoitetaan 30–50 kPa suuremmaksi kuin staattinen paine. Esimerkiksi jos kolmikerroksisen asuintalon ylin patteri on 6 m korkeammalla kuin kellarissa tai alhaalla lämmönjakohuoneessa oleva paisunta-astia, esipaine on silloin 60 kPa + 30–50 kPa = n. 100 kPa. Yksikerroksisessa omakotitalossa riittää esipaineeksi 50 kPa [9, s. 83]. Loppupaine määritellään varoventtiilin avautumispaineen mukaan. Verkoston enimmäiskäyttöpaineena käytetään $p_{max} = p_{sv} - 10 \text{ kPa}$, eli varoventtiilin valittu laukaisupaine p_{sv} vähennettynä 10 kPa:lla. Pientalojen suljetuissa paisuntajärjestelmissä on suurin sallittu käyttöpaine $p_{rak150} \text{ kPa}$ (lämmitysjärjestelmän heikoimman komponentin mukaan). [18, s. 9.]

Kuva 21 esittää paisunta-astian toimintaa, kun A-kohdassa astiaa ei ole vielä kytketty verkostoon, B-kohdassa paisunta-astia on asennettu lämmitysverkostoon ja verkostoa on täytetty vähimmäiskäyttöpaineeseen asti ja C-kohdassa astia on jo enimmäismitoitustilassa.



Kuva 21. Kalvopaisunta-astian toiminta [18, s. 2].

3.7 Varoventtiili

Liiallisen paineen nousun välttämiseksi, tulee suljetussa verkostossa olla asennettuna varoventtiili, eli ylipaineventtiili. Varoventtiin (kuva 22) sisällä on jousi, joka aukeaa vasta, kun venttiin paine on riittävän korkea. Venttiin toiminta perustuu siihen, että jousi puristuu kasaan paineen vaikutuksesta, eli paine ylittää venttiin aukeamispaineen ja venttiili avautuu ja neste, tai kaasu pääsee purkautumaan ulos. [6.] Varoventtiili mitoitetaan käytettävän paineen mukaan riittävän suureksi, jotta paine järjestelmässä varmasti laskee. Avautumispaine on näkyvässä venttiin päällä olevaan käsipyörään merkittynä.



Kuva 22. Varoventtiili asennettuna [6].

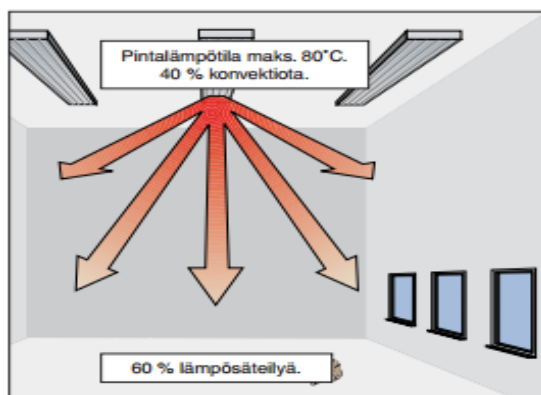
4 Katto- ja ilmalämmitys

4.1 Säteiläkattolämmitys

Kattolämmitys (kuva 23) toimii lähes samalla tavoin kuin lattialämmitys. Kattolämmityksessä säteily lämmittää myös lattian. Koska kattolämmityksessä on samat mitoituslämpötilat kuin lattialämmityksessä, se toimii hyvin matalalämmitysverkostossa.

Kattolämmitys mielletään usein isojen varastojen ja ikkunattomien hallitilojen lämmitysmuodoksi, ja silloin on kyseessä yleensä säteilylämmittäminen. Kattolämmitystä käytetään myös pienempien tilojen lämmitykseen, ja silloin säteilylämmittäjiä yleisempää on käyttää säteilypaneeleita.

Säteilypaneelita voidaan käyttää sekä lämmityksessä että jäähdytyksessä. Kun tiloja lämmitetään säteilypaneelilla, säteily muuttuu lämmöksi kohdatessaan kiinteän pinnan, seinän, lattiaa, tai ihmisen. Säteilylämmityksessä lämpö luovutetaan vastaanottaville pinnoille kuitenkin ilmaa lämmittämättä. Tätä voi esimerkiksi verrata siihen, kuinka ihminen tuntee auringon lämmittävän vaikutuksen kylmässä ilmassa. Säteilypaneelien reagointi-aika on nopea, joten lämpötilan saa pidettyä halutussa arvossa, vaikka sisäisiä, tai ulkoisia lämpökuormia olisikin. Itula Oy:n toimitusjohtaja Hannu Janhunen kertoo kirjoituksessaan, että säteilypaneelit reagoivat kuormituksen muutoksiin muutamassa minuutissa. Esimerkiksi lattialämmityksessä voi vasteaika olla 4–12 tuntia, riippuen siitä, miten ja millä materiaalilla ja paksuudella se on toteutettu. [24.]



Kuva 23. Kattolämmittimen säteilyn ja konvektion jakautumien [19, s. 6].

4.2 Ilmalämmitys

Ilmalämmitys on lämmönjakojärjestelmä, jossa tilojen lämmitys hoidetaan tulo- tai kiertoilmailla. Lämpöä ei varsinaisesti tuoteta ilmalämmitysjärjestelmällä, vaan siirretään tiloihin ja ilma on silloin lämmönsiirtoaineena.

Ilmalämmitys toimii lähes samaan tapaan, kuin lämmöntalteenotolla toteutettu koneellinen ilmanvaihto. Ilmanvaihtokoneen (kuva 24) patterissa lämmitetty tuloilma johdetaan ilmanvaihtokanavien ja päätelaitteiden kautta lämmitettäviin tiloihin.



Kuva 24. Enervent Ewind Kotilämpökone -ilmalämmityskone [26].

5 Tilakohtaiset lämmittimet

Kiertoilmakojeita (kuva 25) käytetään myös lämmittämiseen. Niissä on vesikiertoinen tai sähköllä toimiva lämmityspatteri, jonka läpi puhalletaan huoneilmaa, joka lämpenee patterin vaikutuksesta. Tällaisia kojeita käytetään usein tuulikaapeissa, joissa voi olla hetkellisesti suurikin lämmöntarve, kun ovia auotaan usein.



Kuva 25. Esimerkiksi tuulikaapin kattoon asennettava ilmanlämmitin [20, s. 2].

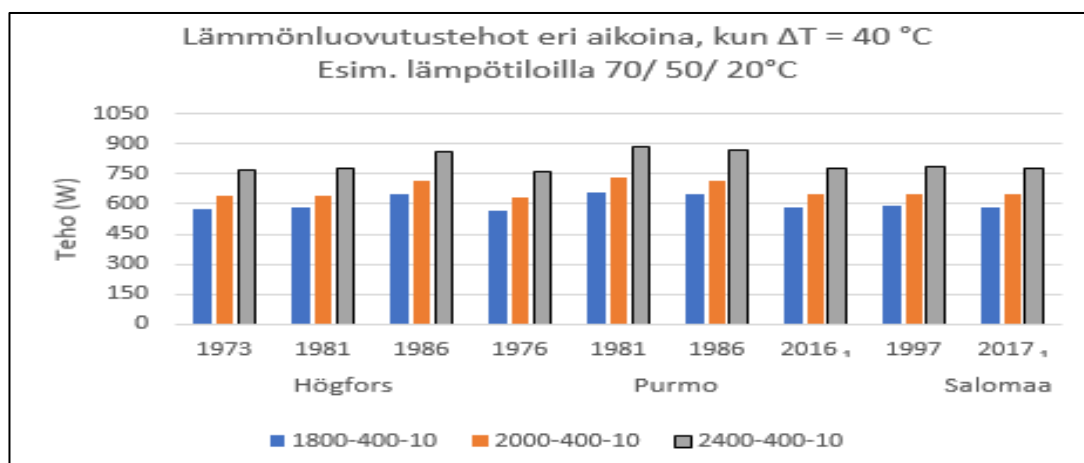
6 Lämmönlvovuttimien mitoitus ja valinta

Lämmitysjärjestelmän tärkeitä valintoja ovat menoveden mitoituslämpötila ja verkoston mitoituslämpötilaero. Aikoinaan rakennuksissa oli menoveden mitoituslämpötila 90 °C. Se on myöhemmin todettu kuitenkin liian suureksi, esimerkiksi jo pintalämpötilan vuoksi, koska 90 °C:n lämpötila aiheuttaa vaaran saada palovammoja. Myös kaukolämpöjärjestelmien kaukolämpöveden jäähtyksen kannalta on parempi, kun menoveden

lämpötila on pienempi kuin 90 °C. 70-luvulla mitoituslämpötila laski näistä syistä johtuen 80 °C: seen ja 80-luvulla 70 °C: seen. Aikaisemmin mitoituslämpötilaero oli yleisesti 20 °C, mutta nykyään se on 30 °C. Ilmastointikoneiden lämmityspiirissä saatetaan käyttää jopa 40 °C:n mitoituslämpötilaeroa. Voidaankin ajatella, että lämpötilaero optimoituu parhaaseen mahdolliseen hyötyynsä putkiverkon ja patteripinnan kokonaiskustannusten perusteella. Siten putkikokoa voidaan pienentää, kun lämpötilaero on suurempi, mutta vastaavasti samaan lämpötehoon tarvittava patteripinta kasvaa, kun patterin keskilämpötila laskee. Suuri lämpötilaero ei ole aina eduksi, sillä vesivirtojen säätö vaikeutuu meno- ja paluuv veden lämpötilaeron kasvaessa. Edellä mainituista asioista johtuen, on 80-luvulla siirrytty 70/40 °C:n mitoitukseen. [29, s. 163–164.] Nykyisin kun uudet rakennukset ovat hyvin eristettyjä, käytetään kaukolämmitteisissä rakennuksissa suosituksena jopa 45/30 °C:n lämpötilaeroa [32, s. 8] ja olemassa olevissa rakennuksissa 70/40 °C:n lämpötilaeroa [32, s. 57].

Lämmityspatterivalmistajilla on otsapinta-alaltaan samankokoisten pattereiden lämmönluovutustehoissa eroja, koska lämmönluovutustehot on määritelty optimaalisissa laboratorio-olosuhteissa ja näin laskentakaavoihin on saatu omat kertoimensa ja lämmönluovutuseksponenttinsa. Högforsin ja Purmon pattereiden lämmönluovutustehot ovat muuttuneet jonkin verran eri vuosina. Testilaboratorioissa on muotoilulla ja kertoimia muuttamalla ja testaamalla saatu lämmönluovutustehoja kasvatettua.

Kuvasta 26 nähdään, kuinka tehot ovat lisääntyneet 1980-luvulla. Sitä vastoin 2000-luvulle tultaessa esimerkiksi Purmon pattereiden mitoituksessa on siirrytty tarkempaan mitoitukseen ja lämmönluovutustehot ovat laskeneet, kun tarkastellaan samankokoisia ja -tyyppisiä radiaattoreita.



Kuva 26. Samankokoisten ja tyyppisten radiaattoreiden lämmönluovutustehot eri vuosikymmeninä. (1 Laskettu logaritmisella ylälämpötilan kaavalla ja muut aritmeettisella ylälämpötilan kaavalla laskettuna.)

Aikaisemmin Suomessa käytettiin tehon laskemisessa aritmeettista yllämpötilaa (ΔT), jolloin lämmönluovutustehot olivat laskennallisesti korkeampia. Vuonna 1996 julkaistiin EU:n alueelle tarkoitettu yhtenäinen standardi (EN 442), radiaattoreiden tyyppihyväksyntää varten. Aikaisemmin tyyppihyväksyntöjä ovat myöntäneet maakohtaisesti paikalliset tarkastuslaitokset ja heillä kaikilla oli omat hyväksymisvaatimuksensa. Standardissa haetaan yhdenmukaista tyyppihyväksyntämenettelyä sekä hyväksynnän ja valvonnan auktorisoimista.

EN 442 -standardi käsittää kolme pääaluetta:

1. EN 442-1 Radiaattorien mitat ja lämmönluovutustehot
2. EN 442-2 Koestuslaitosten mittaustavat ja -menettelyt
3. EN 442-3 Valvonta

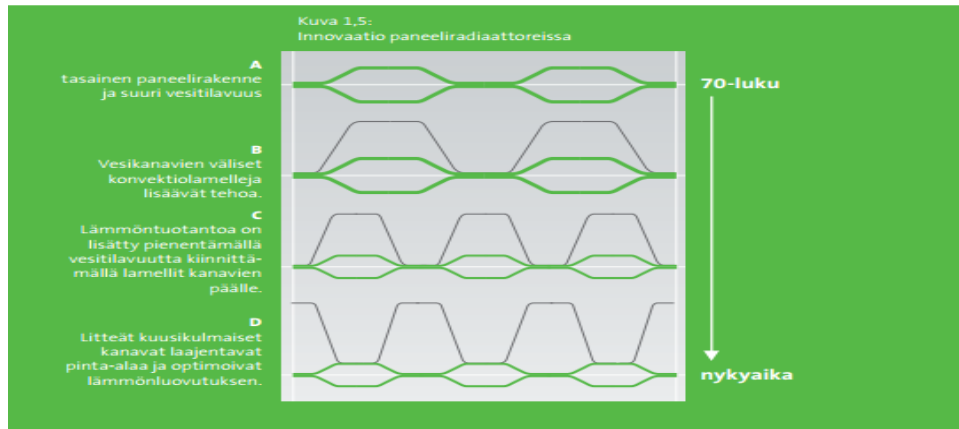
EN 442 standardi on otettu käyttöön vaiheittain:

- maakohtaiset EN 442-1:n mukaiset laskennalliset lämmönluovutustehot, merkintätavat ja materiaalivahvuudet otettiin käyttöön 1.7.1997.
- auktorisoitujen koestuslaitosten EN 442-2:n mukaiset tuotekohtaiset lämmönluovutustehot on otettu käyttöön vuoden 2000 aikana.
- markkinavalvonta EN 442-3:n mukaisesti vuoden 2000 aikana.

Tämän julkaistun ja käyttöön otetun EN 442 -standardin mukaisesti tulee käyttää logaritmisesti laskettua yllämpötilaa, joka on tarkempi laskettaessa lämmönluovutustehoja. Esimerkiksi 70/40/20 °C:n lämpötiloissa se merkitsee yllämpötilan laskua 35,0 °C:sta 32,7 °C:seen. Radiaattorin taulukkotehoon on näillä lämpötiloilla vaikutusta n. -8 %. [31, s. 2.]

Radiaattorit ovat kokeneet paljon muutoksia 40 vuoden aikana. Pattereiden lämmönluovutusta on saatu lisättyä vesitilavuutta pienentämällä ja lisäämällä konvektiolamelleja kuumempiin kanaviin. Kuvasta 27 voidaan havaita, että 70-luvulla radiaattoreissa on käytetty tasaista teräspaneelirakennetta ja suurta vesitilavuutta (A). Seuraavassa vaiheessa vesikanavien väliin oli lisätty konvektiolamelleja parantamaan tehoa (B). Sitten huomattiin, että lämmönluovutusta voitiin lisätä, kun vesitilavuutta pienennettiin ja lisättiin konvektiolamelleja kuumempiin kanaviin (C). Nykyaikaan tullessa lämmönluovu-

tusta on saatu tehokkaammaksi laajentamalla pinta-alaa kuusikulmaisilla ja litteämmillä vesikanavilla (D). [21, s. 16.]



Kuva 27. Purmon radiaattoreiden rakennemuutoksia 40 vuoden aikana [21, s. 17].

Logaritminen yllämpötila lasketaan kaavalla 1.

$$\Delta t = \frac{(T_m - T_h) - (T_p - T_h)}{\text{LN} \frac{T_m - T_h}{T_p - T_h}} \quad (\text{Kaava 1})$$

Δt_n	logaritminen yllämpötila	°C
T_m	menoveden lämpötila	°C
T_p	paluu lämpötila	°C
T_h	huoneilman lämpötila	°C

Lämmönluovutusteho \emptyset_2 (W / m) jollakin logaritmisella yllämpötilalla Δt_2 lasketaan kaavasta 2.

$$\emptyset_2 = \emptyset_1 * \left(\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} \right)^n \quad (\text{Kaava 2})$$

\emptyset_1	nimellisteho mittaolosuhteissa yllämpötilalla Δt_1 (esim. 75/65/20 = 49,83 °C)
\emptyset_2	lämmönluovutusteho verkoston yllämpötilalla Δt_2 (esim. 70/40/20°C) 32,74 °C)

Jos patterin konduktanssi tiedetään, voidaan lämmönluovutusteho laskea kaavalla 3.

$$\emptyset = G * \frac{T_m - T_p}{LN \frac{T_m - T_h}{T_p - T_h}} = G \Delta t \quad (\text{Kaava 3})$$

G	patterin konduktanssi, W/K
Δt_n	logaritminen yllämpötila, °C

Patterin konduktanssi on

$$G = U \times A \quad (\text{Kaava 4})$$

Kaavassa 4, U on lämmönvastuksen (R) käänteisluku, (1/R).

Lämmönvastus saadaan kaavasta 5.

$$R = \frac{1}{\alpha_v} + \frac{s}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_u} \quad (\text{Kaava 5})$$

α_v	veden ja lämmityspatterin levyn välinen lämmönsiirtokerroin, W/m ² K
α_u	lämmityspatterin levyn ja huoneen välinen lämmönsiirtokerroin, W/m ² K
λ	patterin lämmönjohtavuus, W/mK
A	lämmityspatterin levyjen lämmönluovutuspinna-ala, m ²
Δt_2	logaritminen yllämpötila nimellisarvoja käyttäen, °C
n	lämmönluovutuseksponentti

Tyypillisesti lämmönsiirtokerroimen α_u on noin 10 W/m²K, ja se on dominoiva. Lämmönluovutuseksponentille n tyypillinen arvo on 1.3.

Jos käytetään aritmeettista yllämpötilaa, tulee isompi virhe, jos lämpötilaero $T_m - T_p$ on suuri ja paluulämpötila (T_p) lähestyy huoneen lämpötilaa (T_h), jolloin vesivirta pienenee.

Jos esimerkiksi lämpötilat ovat $T_m = 80$ °C, $T_p = 50$ °C ja $T_h = 20$ °C, niin lämpötiloja vastaavat yllämpötilat ovat

$$\Delta t_{LN} = \frac{80-50}{LN_{30}^{60}} = 43,28 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = \left(\frac{80+50}{2} - 20 \right) = 45 \text{ } ^\circ\text{C}$$

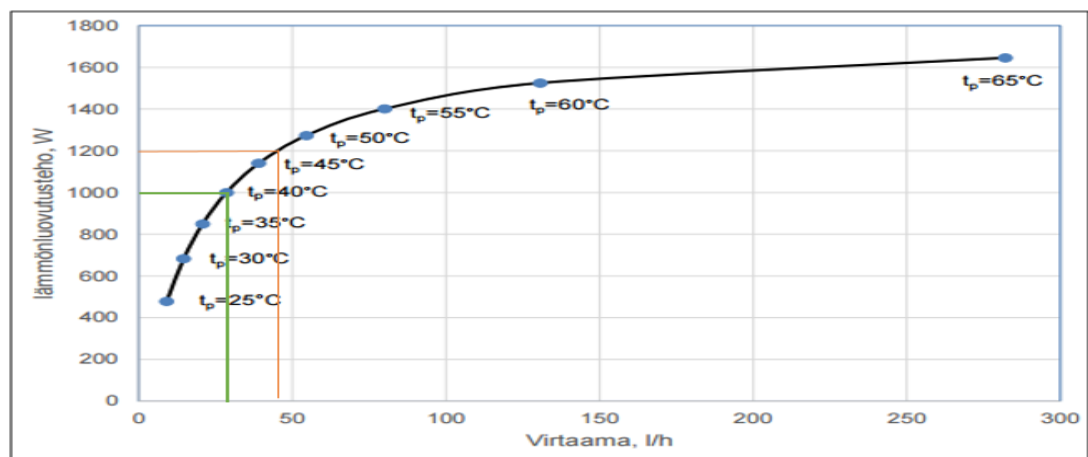
Jos lämpötilat ovat $T_m = 80^\circ \text{C}$, $T_p = 25^\circ \text{C}$ ja $T_h = 20^\circ \text{C}$, niin lämpötiloja vastaavat yliämpötilat ovat tällöin

$$\Delta t = \frac{80-25}{LN_{5}^{60}} = 22,13 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = \left(\frac{80+25}{2} - 20 \right) = 32,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Patterin lämmitysteho riippuu lähinnä vesivirrasta, veden lämpötilasta ja huonelämpötilasta. Lämmönluovutusteho kasvaa, kun veden lämpötila kohoaa tai vesivirta kasvaa. [29, s. 178.]

Kuva 28 esittää, miten vesivirtaa muuttamalla voidaan vaikuttaa lämmönluovutukseen ja paluulämpötilaan, kun menoveden ja huoneilman lämpötila pysyvät vakiona. Kuvasta nähdään, miten virtaaman muutos vaikuttaa paluulämpötilaan ja tehoon.



Kuva 28. Virtaaman vaikutus tehoon ja paluuv veden lämpötilaan, kun menoveden lämpötila on vakio.

Patterin vesivirta saadaan kaavasta 6.

$$qv = \frac{\emptyset}{\rho \cdot c_p \cdot (T_m - T_p)} \quad (\text{Kaava 6})$$

qv	tilavuusvirta	l/s (l/h)
\emptyset	lämmönluovutusteho,	W
T_m	menoveden lämpötila,	°C
T_p	paluueden lämpötila,	°C
c_p	veden ominaislämpö kapasiteetti	(4200 J/(K·kg))
ρ	veden tiheys:	1 kg/m ³

Jos patterin lämmönluovutusteho vastaa huoneen lämmitystehon tarvetta mitoitusolosuhteissa, patterilta palaavan veden lämpötila vastaa mitoituslämpötilaa (40 °C), kun vesivirta on

$$qv = \frac{1000 \text{ W}}{1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (70 - 40) \text{ } ^\circ\text{C}} = 0,00794 \frac{\text{l}}{\text{s}} \approx 29 \text{ l/h}$$

Jos samasta patterista halutaankin tehoa 1 200W, on vesivirran oltava

$$qv = \frac{1200 \text{ W}}{1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (70 - 47) \text{ } ^\circ\text{C}} = 0,0124 \frac{\text{l}}{\text{s}} \approx 45 \text{ l/h}$$

Paluueden lämpötila on saatu kuvasta 28.

Patterinvalmistajilla on omat Excel-valintaohjelmat lämmityspatterien valintaa helpottamaan. Ohjelmat toimivat siten, että niihin voidaan asettaa patterissa virtaavan veden meno- ja paluueden lämpötila sekä huonelämpötila.

Purmon tehonlaskentaohjelmasta (taulukko 2) nähdään, että jos ohjelmaan syötetään lämpötilat 70/40/21 °C, tulee logaritmiseksi yllämpötilaksi 31,67 °C ja tehoksi tulee 394 W. Ohjelma laskee yllämpötilan kaavalla 1. Teho voidaan laskea myös kaavasta 1 ja 2 sekä kerrottuna patterin pituus metreinä (m).

$$\varnothing = \left(\frac{31,67 \text{ }^{\circ}\text{C}}{49,83 \text{ }^{\circ}\text{C}} \right)^{1,3026} \times 711 \text{ W} \times 1 \text{ m} = 394 \text{ W}$$

31,67 °C tulee kaavasta 1, kun lämpötilat ovat 70/40/21

49,83 °C vakioytilämpötila, saadaan kaavasta 1, kun lämpötilat ovat 75/65/20

711 W lämmönluovutusteho nimellisarvoilla (W/m), saadaan tehonlaskenta-ohjelman yläotsikosta nuolen kohdalta.

1.3026 (eksponentti) tulee myös Purmon tehonlaskenta-ohjelman yläosasta nuolen kohdalta.

Taulukko 2. Purmon tehonlaskenta-ohjelma [30].

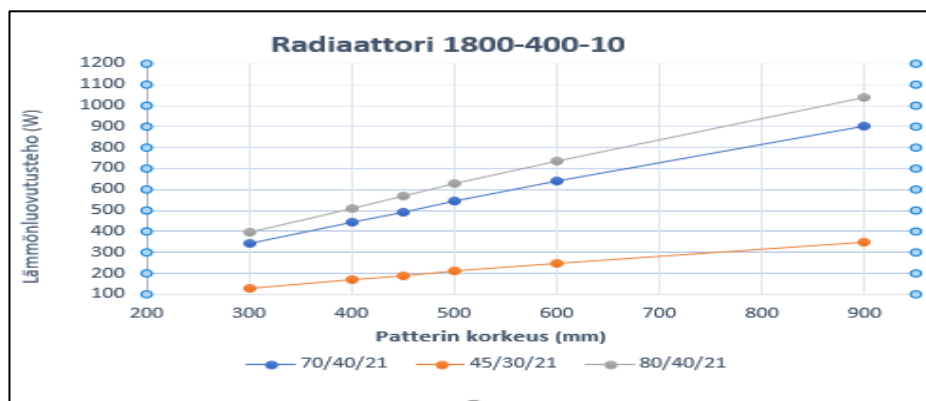
t_{flow}	t_{rtn}	t_{room}	dT_{In}												
70,00	40,00	21,00	31,67												
Type	11	21	22	33	11	21	22	33	11	21	22	33			
Height, mm	300	300	300	300	400	400	400	400	450	450	450	450			
Norm output, W/m	546	761	961	1347	711	963	1221	1699	790	1060	1347	1869			
Exponent, n	1,2981	1,2803	1,3094	1,3140	1,3026	1,2940	1,3182	1,3255	1,3048	1,3008	1,3226	1,3313			
Length, mm															
400	121	170	212	297	158	214	269	373	175	235	296	409			
500	152	213	265	371	197	268	336	466	219	294	370	511			
600	182	256	318	445	236	321	403	559	262	353	444	613			
700	212	298	372	520	276	375	470	652	306	411	518	715			
800	242	341	425	594	315	428	537	745	350	470	592	818			
900	273	383	478	668	354	482	604	838	393	529	666	920			
1000	303	426	531	742	394	536	672	931	437	588	739	1022			
1100	333	468	584	817	433	589	739	1025	481	646	813	1124			
1200	364	511	637	891	473	643	806	1118	525	705	887	1226			
1400	424	596	743	1039	551	750	940	1304	612	823	1035	1431			
1600	485	681	849	1188	630	857	1075	1490	700	940	1183	1635			
1800	546	767	955	1336	709	964	1209	1677	787	1058	1331	1840			
2000	606	852	1061	1485	788	1071	1343	1863	874	1175	1479	2044			
2300	697	979	1221	1707	906	1232	1545	2142	1006	1352	1701	2351			
2600	788	1107	1380	1930	1024	1392	1746	2422	1137	1528	1923	2657			
3000	909	1278	1592	2227	1182	1607	2015	2794	1312	1763	2218	3066			
TAL Reg. Nr.:	811	812	813	814	811	812	813	814	811	812	813	814			

Kohteena olevassa kiinteistössä on käytetty suurimmaksi osin yksilevyisiä radiaattoreita. Nykyisin esimerkiksi Purmo valmistaa tätä radiaattorityyppiä nimellä Hygiene (kuva 29). Tämä patterityyppi poikkeaa rakenteellisesti muista radiaattoreista. Näissä radiaattoreissa ei ole konvektiolamelleja, päätyritilää eikä päätylevyä. [16, s. 52.] Nämä rakenneosat on jätetty pois, ja tällä tavalla on estetty lian ja pölyn kerääntyminen radiaattorin sisäpinnoille, jolloin radiaattorin pintojen puhdistaminen on helpompaa. Purmo Hygiene -mallia käytetäänkin niissä tiloissa, joissa tilan puhtaus on yksi tärkeimmistä kriteereistä, sekä myös tiloissa, joissa pattereihin on vaikea päästä käsiksi normaalisti. Näitä tiloja ovat esimerkiksi myymälätilat, joissa avonaiset myyntihyllyt ovat radiaattoreiden edessä, eikä ole tarkoituskaan joka päivä päästä pyyhkimään pattereita. Myös sairaaloiden potilashuoneet, vastaanottohuoneet ja laboratoriot ovat tiloja, joissa Purmo Hygiene -radiaattoria käytetään paljon.



Kuva 29. Purmo Hygiene, yksilevyinen radiaattori [16, s. 52].

Lämmönluovutusteho jää kyseisessä radiaattorimallissa heikommaksi kuin esimerkiksi luvun 3.4 mainituissa Purmo Compact -radiaattoreissa, koska radiaattorin rakenteessa ei ole konvektiolamelleja. Kuvassa 30 on esitetty Purmo Hygiene -radiaattorin (1800-400-10) lämmönluovutusteho patterissa kiertävän veden eri mitoituslämpötiloilla.



Kuva 30. Patterin korkeuden ja meno- ja paluuv veden vaikutus patterin lämmönluovutustehoon.

7 Projektin lähtökohdat ja tavoitteet

7.1 Projektikohteen tiedot

Projektin kohteena oli Espoossa sijaitseva Kiinteistö Oy Luomakko -niminen kiinteistö (kuva 31). Kiinteistö on alun perin rakennettu pääosin liike- ja varastokäyttöön. Rakennus on 2-kerroksinen, ja se on valmistunut 1983.



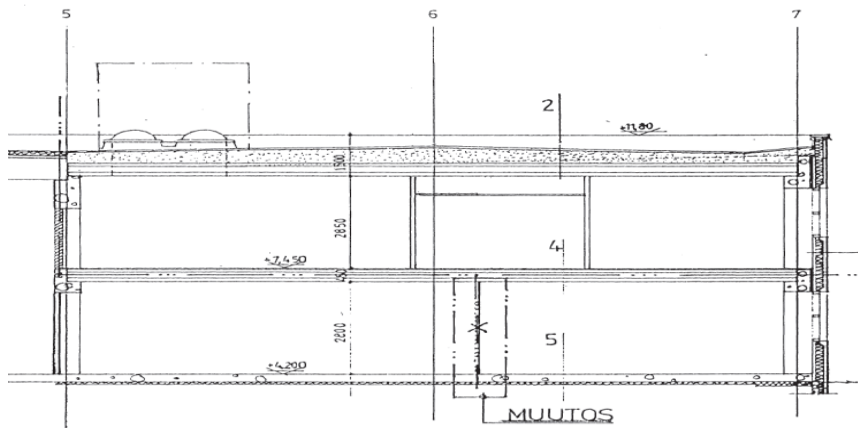
Kuva 31. Julkisivu Espoossa, sijaitsevasta kiinteistöstä

7.1.1 Kiinteistön pinta-alat ja tilavuudet

Rakennus on 2-kerroksinen ja pinta-alaltaan se on n. 2 000 m². Alakerran pinta-ala on n. 1 500 m² ja yläkerrassa on tiloja n. 500 m². Alakerrassa on hallitilaa n. 970 m² ja siinä korkeutta n. 6 m. Alakerran muut tilat n. 500 m² ovat 2,8 m korkeita tiloja. Yläkerran tilat ovat 2,85 m korkeita. Kokonaistilavuus rakennuksessa on 8 724 m³.

7.1.2 Kiinteistön kantavat rakenteet ja eristeet

Kantavana rakenteena seinissä ovat pystypilarit 480 x 480 mm ja noin 300 mm:n paksuinen betoniseinäelementti (kuva 32). Hallin katossa on HTT-palkit ja halli II:n osassa 400 mm:n ontelolaatat. Koko rakennuksen ulkoseinissä on eristeenä 120 mm:n mineraalivilla. Hallin yläpohjassa eristeenä on 100 mm:n styrox ja toimistoalueen yläpohjassa on >300 mm:n kevytsora. Lattiamateriaalina on 220 mm paksu betonilaatta ja sen alla 50 mm:n styroxeriste. 50 mm:n styroxeristettä on lisätty lattian alle vielä 5 metriä ulkoseinästä sisäänpäin. Toisen kerroksen lattiaeristeenä on 100 mm:n mineraalivilla.



Kuva 32. Rakennuksen leikkauskuva

7.2 Lämpöhäviölaskelmat

Suomen rakentamismääräyskokoelman osissa D5 ja C4 on ohjeistettu, miten ulkoilmaan ja maahan rajoittuvien sekä eri tilojen välisten rakenneosien ja rakenteiden lämmönjohtavuudet voidaan laskea. Rakentamismääräyskokoelman osassa D5 on ohjeistettu, että lämpöhäviölaskelmissa alapohjan, yläpohjan ja ulkoseinien vaippojen pinta-ala lasketaan sisämittojen mukaisesti [34, s. 4–5].

Taulukossa 3 on esitetty kiinteistön yhden toimistohuoneen lämmitystehontarve laskelma. Seuraavassa esimerkkilaskelmassa kiinteistön lämmitystehon tarve on määritelly D5:n mukaan ja lämpöhäviöiden esittäminen on rajattu kiinteistön toimistotilaan. Liitteessä 2 on lisäksi esitetty esimerkkinä huoneen lämpöhäviölaskenta.

Taulukko 3. Toimistohuoneen lämpöhäviöt

Huone I			
Vaipan osa	U	A	φ
	W/m ² K	m ²	W
YP	0,29	26,0	354
AP	0,13		0
US	0,35	21,0	345
I	1,8	12,3	1042
O	2,1	0	0
Kylmäsiilat	Ψ	l	φ _{kylmäsiilat}
	W/mK	m	W
ulkonurkka	0,06	12	34
US-AP	-0,06	0	0
US - YP	0,08	17,6	66
US - välipilari	0,06	0	0
ikkuna- ja oviliitos	0,04	20,4	38
Ilmanvaihto	q _{vt}		φ
	l/s		W
(syötettävä)			
korvausilma	q _{vp}		φ
(kun poisto ja korvausilma ulkoa)	l/s		W
(syötettävä)	0		0
vuotoilmanvaihto	q _{viv}		φ
	l/s		W
(laskee kokonaisvuotoilmavirrasta)	7,7		432
Huoneen lämmitystehontarve		2312	W

U-arvot (taulukko 3) on laskettu Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C4 mukaisesti [37, s. 5]. Rakennusvaipan ilmanvuotoluku (q_{50}) on laskettu rakennuksen ilmanvuotoluvusta kaavalla

$$q_{50} = \frac{n_{50}}{Avaippa} * V \quad (\text{Kaava 9})$$

q_{50}	rakennusvaipan ilmanvuotoluku 50 Pa:n paine-erolla,	m ³ /(h m ²)
n_{50}	rakennuksen ilmanvuotoluku 50 Pa:n paine-erolla,	l/h
V	toimistotilojen ilmatilavuus,	m ³
Avaippa	rakennusvaipan pinta-ala (alapohja mukaan luettuna),	m ²

Rakennusvaipan ilmanvuotoluku on

$$q_{50} = \frac{6}{221,3} * 417 = 11,30 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$$

Ilmanvuotoluku 6 on määritelty YM:n asetuksen 176/2013 mukaisesti [35, s. 9].

Vuotoilmavirta $q_{v, \text{vuotoilma}}$ (m^3/s) on laskettu kaavalla

$$q_{v, \text{vuotoilma}} = \frac{q_{50}}{3600 * x} * A_{\text{vaippa}} \quad (\text{Kaava 10})$$

q_{50}	rakennusvaipan ilmanvuotoluku, $\text{m}^3/(\text{h m}^2)$
A_{vaippa}	rakennusvaipan pinta-ala, m^2
3600	muuntokerroin, joka muuntaa ilmavirran m^3/h , yksikköön m^3/s
x	muuntokerroin, (Suomen rakentamismääräyskok. osa D3) [36, s. 23].

- * 1-kerroksisille rakennuksille 35
- * 2-kerroksisille rakennuksille 24
- * 3- ja 4-kerroksisille 20
- * 5-kerroksisille rakennuksille 15

Rakennuksen vuotoilmavirta on

$$q_{v, \text{vuotoilma}} = \frac{11,30}{3600 * 24} * 221,3 = 0,029 \text{ m}^3/\text{s}$$

Huoneiden vuotoilmavirta on saatu jakamalla rakennuksen vuotoilmavirta jokaiselle huoneelle niiden ulkoseinien pinta-alojen suhteessa. Lasketaan ylläolevassa taulukossa esimerkkinä olevan toimistohuoneen vuotoilmavirta. Huoneen tilavuus on 74 m^3 .

$$\text{Ulkoseinien alojen suhde} = \frac{21\text{m}^2}{75,1\text{m}^2} = 0,28$$

$$\text{Huoneen vuotoilmavirta} = 0,28 * 0,029\text{m}^3/\text{s} * 1000 = 8,12 \text{ dm}^3/\text{s}$$

7.3 Lämmityspatterien nimellistehojen laskeminen

Purmon valmistamien 1-levyisten radiaattoreiden lämmönluovutustehot (W/m) saadaan alla olevalla kaavalla. [33, s. 5.]

$$\emptyset = 5,8371 * h^{0,86258} * \Delta t^{(1,31620-(0,01097*h))} \quad (\text{Kaava 11})$$

\emptyset	lämmönluovutusteho, W/m
h	radiaattorin korkeus, m
Δt	logaritminen yllämpötila, °C

Logaritminen yllämpötila Δt lasketaan kaavalla 1. Radiaattoreiden lämmitystehon laskennassa käytettävät kertoimet ja eksponentit on määritelty normien (SFS-EN 442-1 ja 442-2) mukaisessa koetilassa, johon testattavana oleva patteri on asennettu. [33, s. 3 – 5.]

Kohteena olevan kiinteistön toimistohuoneissa on lämmönluovuttimina 1-levyisiä radiaattoreita, jotka ovat mitoiltaan 1800-400-10, 2000-400-10 ja 2400-400-10. Esimerkiksi 1000-400-10 radiaattorin yllämpötilaksi tulee

$$\Delta t_{in} = \frac{80-40}{\ln((80-20)/(40-20))} = 36,41 \text{ °C}$$

ja yllämainittujen pattereiden lämmönluovutustehoiksi (kaava 11)

$$\emptyset = 5,8371 * 0,4^{0,86258} * \Delta t_{36,41}^{(1,31620-(0,01097*0,4))} * 1,8 = 533 \text{ W}$$

$$\emptyset = 5,8371 * 0,4^{0,86258} * \Delta t_{36,41}^{(1,31620-(0,01097*0,4))} * 2,0 = 592 \text{ W}$$

$$\emptyset = 5,8371 * 0,4^{0,86258} * \Delta t_{36,41}^{(1,31620-(0,01097*0,4))} * 2,4 = 710 \text{ W}$$

Taulukossa 4 on lueteltuna toimistohuoneiden lämmityspatterit ja niiden tehot. 1980-luvun alussa on Δt laskettu aritmeettisesti, eli patterin meno- ja paluuveden keskilämpötila miinus huoneen lämpötila. Sen ajan taulukoissa ei myöskään ollut eriteltyä usei-

ta eri meno- ja paluulämpötiloja, vaan esimerkiksi Δt 40 °C oli laskettu 70/50/20 °C:n lämpötiloja käyttäen [44, s. 11].

Taulukko 4. Toimistohuoneiden tehontarve ja radiaattoreiden lasketut tehot nykyisin ja 1980-luvulla (tehot laskettu ¹Hygiene -mallille ja vanhalle mallille).

Huone	Tehontarve huone (W)	Rad. Tyyppi/huone	² Rad.teho, nyk. W (80/40/20)	Yhteensä	Rad.teho, W ΔT 40°C (1981)	Yhteensä
1.		2000-400-10	592		735	
1.		2000-400-10	592		735	
1.		1800-400-10	533		660	
1.	2312	1800-400-10	533	2250	660	2790
2.		1800-400-10	533		660	
2.	821	1800-400-10	533	1066	660	1320
3.		1800-400-10	533		660	
3.	1237	1800-400-10	533	1066	660	1320
4.	917	1800-400-10	533	533	660	660
5.		1800-400-10	533		660	
5.	917	1800-400-10	533	1066	660	1320
6.	917	1800-400-10	533	533	660	660
7.		1800-400-10	533		660	
7.	917	1800-400-10	533	1066	660	1320
8.	917	1800-400-10	533	533	660	660
9.		1800-400-10	533		660	
9.		1800-400-10	533		660	
9.		1800-400-10	533		660	
9.	1618	1800-400-10	533	2132	660	2640
	10573		10245	10245	12690	12690

Taulukosta 4 voidaan huomata, että Suomessa 1980-luvulla vielä käytössä olleen aritmeettisen yllämpötilan kaavan avulla lasketut lämmönluovutustehot ovat olleet laskennallisesti suurempia kuin vuonna 1997 voimaan tulleella EN 442 -standardin mukaisella logaritmisella yllämpötilan kaavan avulla laskettu lämmönluovutusteho. Toimistohuoneiden yhteenlaskettu lämmitystehon tarve on 10 573 W, ja voidaan huomata, että ainoastaan vanhoilla standardeilla laskettaessa patterien teho on riittävä. Kiinteistössä tehdään myös lämmitysverkoston säätö ja tasapainotus, jolloin lämpöä saadaan jaettua tasaisemmin rakennuksen eri tiloihin.

8 Yhteenveto

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia Espoossa sijaitsevan vuonna 1983 rakennetun toimitilakiinteistön lämmitystehon tarvetta ja syventyä tarkemmin olemassa olevien radiaattoreiden lämmönluovutustehoihin ja niiden riittävyyteen kyseessä olevassa kohteessa. Lämmityspattereiden tehonlaskentastandardit ja pattereiden rakenne ovat muuttuneet paljonkin vuosikymmenien aikana ja pattereiden lämmönluovutustehoa on lisätty pienentämällä vesitilavuutta ja parantamalla konvektiotehoa. Samalla EU:n alueelle valmistellun standardin EN 442 mukaisesti, joka tarkoittaa tyyppihyväksyntämenettelyn yhdenmukaistamista sekä kansainvälisesti auktorisoitua hyväksyntää ja valvontaa, on alettu käyttämään logaritmista yllämpötilan laskentatapaa, jolloin pattereiden laskennalliset yllämpötilat ja lämmönluovutustehot (W/m^2) ovat laskeneet, kun verrataan taulukkotietoja. Esimerkiksi 70/40/20 °C:n lämpötiloja käytettäessä aritmeettisesti laskettu yllämpötila on 35 °C, kun taas logaritmisen laskentatavan mukaan se on 32,7 °C.

Kiinteistössä syksyllä 2016 tehdyn kuntokartoituksen ja siinä yhteydessä tehtyjen lämpötilamittauksista saatujen tietojen avulla ryhdyttiin tutustumaan kiinteistöön. Näiden tietojen pohjalta saatiin selville, että lämmitys ei ole ollut riittävällä tasolla kovemmilla pakkasilla. Tarkoituksena oli tutustua tarkemmin aiheeseen selvittämällä kiinteistön lämmitysjärjestelmän toiminta ja siinä olevien radiaattoreiden tyypit ja rakenteet sekä eri kirjallisuuslähteistä saatavien tietojen pohjalta syventyä tarkemmin lämmityspattereiden lämmönluovutustehoihin.

Opinnäytetyössä pyrittiin esittämään laskentamallien avulla, miten lämpöhäviöt ja lämmityspattereiden tehot saadaan selville. Kiinteistön lämpöhäviöt selvitettiin käyttäen apuna Suomen rakentamismääräyskokoelman osia D5, D3 ja C4. Internetissä olevasta patterivalmistaja Purmon verkkosivustosta saatiin uusien ja vanhojen lämmityspattereiden tehotaulukot sekä tietoa pattereihin eri vuosikymmeninä tehdyistä rakenteellista muutoksista. Lämmityspattereiden lämmönluovutustehoja oli tarkoitus laskea sekä vanhojen että uusien kaavastandardien avulla.

Lämpöhäviöitä tutkittaessa ongelmallisinta oli kylmäsiltojen laskeminen. Kiinteistöstä ei ollut saatavilla vanhoja rakennekuvia, joten työssä turvauduttiin kylmäsiltojen laskennassa Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C4 ohjearvoihin. Lämpöhäviöt saatiin kuitenkin mielestäni niin hyvin kuin mahdollista, ja voitiin todeta, että tulokset ovat uskottavia ja riittävän tarkkoja.

Vanhojen radiaattoreiden lämmönluovutustehojen selvittäminen oli myös aluksi haasteellista, koska pohjatietoa oli melkoisen vähän saatavilla. Nykyisen logaritmisen yllämpötilan laskentamallin sijaan, oli aikaisemmin käytössä aritmeettinen laskentatapa. Saadut tiedot pohjautuivat vanhoihin taulukoihin, joissa lämmönluovutustehot olivat valmiina, sekä taulukoissa mukana olleisiin kertoimiin ja käyrästöihin. Tutkimalla asiaa tarkemmin ja kyselemällä 1980-luvulla radiaattoreiden kanssa tekemisissä olleilta asiantuntijoilta, saatiin selville, että juuri nämä kertoimet, käyrästöt, eksponentit, yllämpötilat ja lämpötehot oli saatu DIN 4702 -normin mukaisesti maakohtaisissa, tai esimerkiksi Saksassa hyväksytyissä tutkimuslaboratorioissa. Menetelmä oli ollut samantapainen kuin esimerkiksi EN 442-2 -standardi, joka määrittelee tutkimustilan ja ohjeet yllämpötilalle ja vakiolämpöteholle. Valmiiden tehotaulukoiden ja niissä olevien kertoimien avulla voitiin laskea eri kokoisten radiaattoreiden lämmönluovutustehoja eri lämpötiloilla.

Tehotaulukoiden ja esimerkkilaskelmien avulla saatiin havainnollistettua, miten esimerkiksi Högforsin, Purmon ja Radiaattoritehdas Salomaan tehtaiden ilmoittamat lämmönluovutustehot eroavat toisistaan eri vuosikymmeninä. On nähtävissä, että lämpötehot ovat taulukkoarvoissa 2000-luvulla noin 11 % pienemmät kuin 1980-luvulla (ks. kuva 26). Voidaan myös huomata, että ainoastaan vanhoilla standardeilla laskettaessa pattereiden teho on ollut riittävä kyseessä olevassa kohteessa.

Tässä opinnäytetyössä on esitetty ainoastaan toimistohuoneiden laskelmat havainnollistavana esimerkkinä ja työ on rajattu käsittelemään lämmitystehon tarvetta. Lämmitystehontarpeeseen vaikuttavat monet asiat, kuten rakennuksen maantieteellinen sijainti, ulkoilman mitoitustilalämpötila, ilmastoinnin lämpöhäviöt ja rakenteiden lämmönjohtavuus. Näitä opinnäytetyössä tutkittuja ja selvitettyjä vertailutietoja voidaan tulevaisuudessa käyttää ja soveltaa vastaavan tyyppisissä kohteissa. Tätä opinnäytetyötä voivat hyödyntää esimerkiksi suunnittelijat tai ne tahot, jotka ovat tekemisissä vastaavan ikäisissä rakennuksissa. Opinnäytetyössä esitetyistä tiedoista voivat hyötyä myös talotekniikan parissa työskentelevät, jotka haluavat ymmärtää, miten standardit ja tehtaissa tehdyt muutokset vaikuttavat taulukoissa annettuihin tuloksiin. Suurin hyöty työstä on kuitenkin tekijälle itselleen. Tutkimustyö on opettanut, miten tietoja hankitaan eri lähteistä, ja samalla on ollut mielenkiintoista huomata, miten paljon tämä työ on antanut lisää tietoa aiheesta.

Lähteet

- 1 Miten kaukolämpö toimii? 2017. Verkkodokumentti. Elenia
<http://www.elenia.fi/lampo_ja_kaasu/tietoa_kaukolammosta/toiminta>. Luettu 14.4.2017.
- 2 Lämpöjohtoverkoston toiminta periaate. 2017. Verkkodokumentti. Taloyhtiö.net.
<http://www.taloyhtio.net/talotekniikka/lammitys/vesikeskuslammitys/>>. Luettu 14.4.2017.
- 3 Lämmöntuotanto ja lämmönkehitys. 2015. Verkkodokumentti. Talotekniikkateollisuus ry. <http://talotekniikka.teknologiateollisuus.fi/sites/lvi-talotekniikka/files/file_attachments/Talotekniikkaopas%202015_päivitetty.pdf>. Luettu 14.4.2017.
- 4 GST-lämmönjakokeskus. 2017. Verkkodokumentti. HögforsGST Oy
<<http://hogforsgst.com/fi/tuotteet/lattia-asenteiset-lammonjakokeskukset/>> Luettu 16.4.2017.
- 5 Harju, Pentti. 2002. Lämmitystekniikan oppikirja. Kouvola. Penan Tieto-opus Ky.
- 6 Lämmitysjärjestelmät. Verkkodokumentti. Ympäristöosaava.fi
<<http://www.ymparistoosaava.fi/kiinteistonhoitoala/index.php?k=22462>>. Luettu 18.4.2017.
- 7 Patteriverkoston osat. 2015. Verkkodokumentti. Motiva Oy
<https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/patteriverkoston_perussaato/patteriverkoston_osat>. Päivitetty 30.11.2016. Luettu 18.4.2017.
- 8 Kaukolämpöverkot. 2016. Verkkodokumentti. Energiateollisuus ry.
https://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/energiaverkot/kaukolampoverkot> Luettu 19.4.2017.
- 9 Harju, Pentti. 2005. Talotekniikan perusteet 2. Kouvola. Penan Tieto-opus ky.
- 10 Levylämmönsiirtimet. 2017. Verkkodokumentti.
<<http://www.viflow.fi/2017/05/tiivisteelliset.pdf>> Viflow Finland Oy. Luettu 19.4.2017.
- 11 Yrjölä, Jukka. 2015. KL-lämmönjakokeskuksen laitteet-1.doc. Oppimateriaalit. Metropolia ammattikorkeakoulu.

- 12 Linjasäätöventtiilit. 2014. Verkkodokumentti. <http://www.imi-hydronic.com/fi/tuotteet-ja-ratkaisut/ta-balancing-and-control/linjasaatoventtiilit/linjasaatoventtiilit/stad/> IMI Hydronic Engineering. Luettu 20.4.2017.
- 13 Hokkanen, Ari. 2013. Kaukolämpö. Lähiopetus, lämmitys. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 14 Sulamäki, Hanna. 2014. Lämmönluovuttimet. Opiskelumateriaali. Metropolia ammattikorkeakoulu.
- 15 RA-N esisäädettävät venttiilit. 2012. Verkkodokumentti. Oy Danfoss Ab <http://lampo.danfoss.com/PCMPDF/VD53G720_keymark.pdf> Luettu 20.4.2017.
- 16 Tekniset tiedot. 2014. Verkkodokumentti. Purmo. <http://www.purmo.com/docs/PURMO_Technicalbrochure_FI_0914_web_2.pdf> Luettu 20.4.2017.
- 17 Radiaattorit. Verkkodokumentti. Edu.fi <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/pientalon_lammitys/radiaattorit.htm>. Luettu 21.4.2017.
- 18 Paisunta-astian valinta ja mitoitus. 2011. LVI-ohjekortti. LVI 11-10472. Rakennustietosäätiö ja LVI-keskusliitto.
- 19 Kattolämmityksen opas. 2001. Verkkodokumentti. Lindab climate Division. <<http://www.lindab.com/fi/Documents/Ilmastointi/esitteet%20ja%20dokumentit/Kattol%C3%A4mmitys.pdf>> Luettu 24.4.2017.
- 20 Lämminilmakoje LVDV Tekninen esite. 2017. Verkkodokumentti. <<http://docplayer.fi/19750698-Lamminilmakoje-lvdv-tekninen-esite-air-comfort-air-diffussion-ilmanlammitimet.html>> Luettu 24.4.2017.
- 21 Radiaattorien käyttöopas matalalämpöjärjestelmissä. 2016. Verkkodokumentti. Purmo. <<http://www.purmo.com/docs/heatingguide-FI-final.pdf>>. Luettu 12.5.2017.
- 22 Vesikiertoinen patterilämmitys. 2002. LVI-ohjekortti. LVI 12-10343. Rakennustietosäätiö RTS ja LVI-Keskusliitto.
- 23 Ripaputkipatterit. Verkkodokumentti. Eino Talsi Oy. <<http://www.ekocoil.fi/phone/ripaputkipatterit.html>> Luettu 25.4.2017.
- 24 Kattosäteilylämmitys- ja jäähdytys. 2017. Verkkodokumentti. Itula Oy. <https://www.itula.fi/fi/tuotteet-ja-jarjestelmat/kattosateilylammitys-ja-jaahdytys/> Luettu 26.4.2017.

- 25 Ilmalämpöpumppu tukilähteenä. 2016. Verkkodokumentti. Motiva Oy.
<https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/ilmalampopumppu_tukilammityslahteena>. Päivitetty 25.11.2016. Luettu 26.4.2017.
- 26 Kotilämpö. 2016. Verkkodokumentti. Enervent Oy.
<<https://www.enervent.com/fi/enervent-ewind/>. Luettu 26.4.2017
- 27 KH 23-00369. Rakennusten lämmitys. 2005. KH-ohjekortti. Rakennustietosäätiö RTS.
- 28 SFS-EN 442-1. Termit ja määritelmät. 3.23 Vakioyllilämpötila. 2015. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- 29 Seppänen, Olli. 2001. Rakennusten lämmitys. Jyväskylä. Suomen LVI-liitto ry.
- 30 Tehonlaskenta-ohjelma. 2016. Verkkodokumentti. Purmo.
<<http://www.purmo.com/fi/ladattavat-tiedostot/teholaskentaohjelmat.htm>>. Luettu 12.5.2017.
- 31 Linjasäätöventtiili. Verkkodokumentti. Edu.fi.
<http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/lvi/aiho3/asentamisen_perusteet/purmo.pdf> Luettu 11.5.2017.
- 32 Rakennusten kaukolämmitys. Määräykset ja ohjeet. K1. 3.4.1 Mitoituslämpötilat uudisrakennuksissa. 2014. Verkkodokumentti.
http://energia.fi/files/502/JulkaisuK1_2013_20140509.pdf> Luettu 15.5.2017.
- 33 PURMO Compact teräslevyradiaattorit. 2004. Verkkodokumentti.
<https://rakennusliitto.fi/wp-content/uploads/2014/11/Patterien-painot-levy.pdf>> Luettu 27.5.2017.
- 34 Rakennuksen energiantarpeen ja lämmitystehontarpeen laskenta. 2012. Verkkodokumentti. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D5. Ympäristöministeriö. Finlex. Luettu 31.5.2017.
- 35 Ympäristöministeriön asetus 176/2013. Vuotoilma. 2013. Verkkodokumentti. <<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130176>> Luettu 1.6.2017.
- 36 Rakennusvaipan lämpöhäviöt 4.3.3. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D3. <www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Suomi.pdf> Luettu 1.6.2017.
- 37 Lämmönläpäisykertoimen määrittäminen. 2003. Verkkodokumentti. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa C4. <www.finlex.fi/data/normit/1931-C4s.pdf> Luettu 1.6.2017.

- 38 Vuotoilman lämmityksen tarvitsema teho. 2008. Verkkodokumentti. Pientalon D5/2007- energialaskentaopas. <www.finlex.fi/data/normit/29520-D5-190607-suomi.pdf> Päivitetty 17.4.2008.
- 39 Pilkington Spectrum Windows-ohjelma. 2017. Verkkodokumentti. Pilkington. <<https://www.pilkington.com/fi-fi/fi/arkkitehdit-suunnittelijat/pilkingtonin-tyokalu/pilkington-spectrum>>
- 40 Högfors – radiaattorit ja konvektorit. 1973. Verkkodokumentti. Purmo. <<http://www.purmo.com/docs/Hogfors-Radiaattorit-konvektorit-1973.pdf>>. Luettu 18.9.2017.
- 41 Högfors – radiaattorit ja konvektorit. 1981. Verkkodokumentti. Purmo. <<http://www.purmo.com/docs/Hogfors-Radiaattorit-konvektorit-30011981.pdf>>. Päivitetty 30.11.1981. Luettu 18.9.2017.
- 42 Högfors – radiaattorit ja konvektorit. 1986. Verkkodokumentti. Purmo. <<http://www.purmo.com/docs/Hogfors-Tekniset-tiedot-01041986.pdf>>. Päivitetty 1.4.1986. Luettu 18.9.2017.
- 43 Purmo radiaattorit. 1976. Verkkodokumentti. Purmo. <<http://www.purmo.com/docs/Purmo-Paneelikonvektorit-radiaattorit-1976.pdf>>. Luettu 18.9.2017.
- 44 Purmo radiaattorit. 1981. Verkkodokumentti. Purmo. <<http://www.purmo.com/docs/Purmo-pattereiden-valintataulukot-01011981.pdf>>. Päivitetty 1.1.1981. Luettu 18.9.2017.
- 45 Purmo radiaattorit. 1986. Verkkodokumentti. Purmo. <http://www.purmo.com/docs/Purmo-lampopattereiden-valintataulukot-tekniset_tiedot-01051986.pdf>. Päivitetty 1.5.1986. Luettu 18.9.2017.
- 46 Paneeliradiaattorit ja konvektorit. 1997. Verkkodokumentti. Radiaattoritehdas Salomaa Oy. <<http://www.radiaattoritehdas.fi/acrobat/RS-Standard.pdf>>. Päivitetty 1.11.2011. Luettu 19.9.2017.
- 47 Salomaa, Arto. 2017. Toimitusjohtaja. Radiaattoritehdas Salomaa Oy. Sähköposti 18.9.2017.

Valmistajan ohje ripaputkipatterin lämmönluovutukselle

LÄMMÖNLUOVUTUKSEN KAAVA

$$Q = k \times A \times \Delta T$$

Q = lämmönluovutus W/m

k = lämmönsiirtokerroin W/m² °C

A = ripaputken lämpöpinta m²/m

ΔT = sisäpuolisen lämpötilojen keskiarvon ja
ulkopuolisen lämpötilan erotus °C

Lämmönsiirtokerroimen (k) ohjearvoja:

Vapaassa konvektiossa:

Putki Ø 21.3...60.3mm; k = 6.0...5.5

Putki Ø 60.3...114.3mm; k = 5.5...4.5

Pakotetussa konvektiossa:

Ilman nopeus 3...5m/s

Putki Ø 21.3...26.9mm; k = 25...35

Laskenta esimerkki:

Vesi 80/60 °C

Huoneilma 20 °C

$$\Delta T = (80 + 60):2 - 20 = 50^{\circ}\text{C}$$

Vapaa konvektio; k = 5.0 W/m² °C

Ripaputki Ø 76.1 x 2.9 ; A = 2.37 m²/m

$$Q = k \times A \times \Delta T$$

$$= 5.0 \times 2.37 \times 50$$

$$= 592.5 \text{ W/m}$$

Taulukko. Ripaputkipatterin mittatietoja [24, s. 6].

Putkimateriaali	Ø putki x seinämä	Rivan korkeus x paksuus mm	Ripoja kpl /m	Ø mm rivan päältä	Lämpöpinta (A) m ² /m	Paino kg/m
Seostamattomat ja niukkaseosteiset teräkset	21.3 x 2	12 x 0.5	250	45	0.92	2.4
	21.3 x 2	16 x 0.5	200	53	1.14	2.8
	21.3 x 2	20 x 0.5	167	61	1.35	3.1
	26.9 x 2.3	20 x 0.5	167	67	1.49	3.8
	33.7 x 2.6	20 x 0.5	167	74	1.65	4.6
	42.4 x 2.6	20 x 0.5	167	82	1.86	5.5
	48.3 x 2.6	20 x 0.5	167	88	2.00	6.1
	60.3 x 2.9	30 x 1	83	120	2.07	11.2
	76.1 x 2.9	30 x 1	83	136	2.37	13.3
	88.9 x 3.2	30 x 1	83	148	2.61	15.6
114.3 x 3.6	30 x 1	97	174	3.54	22.0	
<hr/>						
Ruostumattomat ja haponkestävät teräkset	17.2 x 1.5	12 x 0.5	222	41	0.75	1.8
	21.3 x 1.5	12 x 0.5	222	45	0.82	2.0
	26.9 x 1.5	12 x 0.5	222	51	0.94	2.4
	60.3 x 2	30 x 0.6	83	120	2.07	7.2
	76.1 x 2	30 x 0.6	83	136	2.37	8.5
	114.3 x 2	30 x 0.6	97	174	3.54	12.8

Högfors-radiaattorit 1973

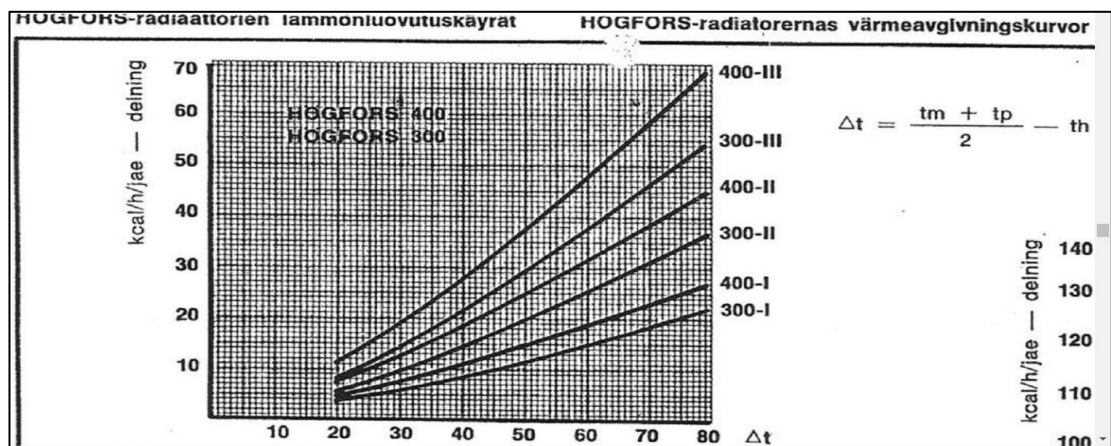
Taulukko. Högfors-radiaattoreiden lämmönluovutustaulukko [40, s. 5].

HÖGFORS 400-radiaattorit — radiatorer

Lämmönluovutus kcal/h, radiaattoriveden keskilämpötila 80°C, taulukon huoneenlämpötiloissa.
Värmeavgiivning i kcal/h vid rumstemperatur 10–25°C då radiatorernas medeltemperatur är 80°C.

Jakelita kpl st. Delning	Pituus mm Längd	I-kertainen, plan								II-kertainen, plan								III-kertainen, plan							
		m ²	10°	12°	15°	18°	20°	22°	25°	m ²	10°	12°	15°	18°	20°	22°	25°	m ²	10°	12°	15°	18°	20°	22°	25°
1	40	0,035	23	22	20,5	19,5	18,5	18	16,5	0,07	38,5	37	34,5	32,5	31	29,5	27,5	0,105	58,5	56	52,5	49	47	44,5	41
6	240	0,210	138	132	123	117	111	108	99	0,42	231	222	207	195	186	177	165	0,630	351	336	315	294	282	267	246
8	320	0,280	184	176	164	156	148	144	132	0,56	308	296	276	260	248	236	220	0,840	468	448	420	392	378	356	328
10	400	0,350	230	220	205	195	185	180	165	0,70	385	370	345	325	310	295	275	1,050	585	560	525	490	470	445	410
12	480	0,420	276	264	246	234	222	216	198	0,84	462	444	414	390	372	354	330	1,260	702	672	630	588	564	534	492
14	560	0,490	322	308	287	273	259	252	231	0,98	539	518	483	455	434	413	385	1,470	819	784	735	686	658	623	574
16	640	0,560	368	352	328	312	296	288	264	1,12	616	592	552	520	496	472	440	1,680	936	896	840	784	752	712	656
18	720	0,630	414	396	369	351	333	324	287	1,28	693	666	621	585	558	531	495	1,890	1073	1008	945	882	846	801	738
20	800	0,700	460	440	410	390	370	360	330	1,40	770	740	690	650	620	590	550	2,100	1170	1120	1050	980	940	890	820
22	880	0,770	506	484	451	429	407	396	353	1,54	847	814	759	715	682	649	605	2,310	1267	1232	1155	1078	1034	979	902
24	960	0,840	552	528	492	468	444	432	395	1,68	924	888	828	780	744	708	660	2,520	1404	1344	1260	1176	1128	1068	984
26	1040	0,910	598	572	533	507	481	468	429	1,82	1001	962	897	845	806	767	715	2,730	1521	1455	1365	1274	1222	1157	1066
28	1120	0,980	644	616	574	546	518	504	462	1,96	1078	1036	966	910	868	826	770	2,940	1638	1566	1470	1372	1316	1246	1146
30	1200	1,050	690	660	615	585	555	540	495	2,10	1155	1110	1035	975	930	885	828	3,150	1755	1680	1575	1470	1410	1335	1230
32	1280	1,120	736	704	656	624	592	576	528	2,24	1232	1184	1104	1040	992	944	880	3,360	1872	1792	1680	1568	1504	1424	1312
34	1360	1,190	782	748	697	663	629	612	561	2,38	1309	1258	1173	1105	1054	1003	935	3,570	1989	1904	1785	1666	1598	1513	1394
36	1440	1,260	828	792	738	702	666	648	594	2,52	1386	1332	1242	1170	1116	1062	990	3,780	2106	2016	1890	1764	1692	1602	1476
40	1600	1,400	920	880	820	780	740	720	660	2,80	1540	1480	1380	1300	1240	1180	1100	4,200	2340	2240	2100	1960	1880	1780	1640
44	1760	1,540	1012	968	902	858	814	792	728	3,08	1694	1628	1518	1430	1364	1298	1210	4,620	2574	2464	2310	2156	2068	1958	1804
48	1920	1,680	1104	1058	984	936	888	864	792	3,36	1848	1776	1656	1560	1488	1418	1320	5,040	2808	2688	2520	2352	2256	2136	1968
52	2080	1,820	1196	1144	1066	1014	962	936	858	3,64	2002	1924	1794	1690	1612	1534	1430	5,460	3042	2912	2730	2548	2444	2314	2132
56	2240	1,960	1288	1232	1148	1092	1032	1008	924	3,92	2156	2072	1932	1820	1730	1652	1540	5,880	3276	3136	2940	2744	2632	2492	2296
60	2400	2,100	1380	1320	1230	1170	1110	1080	990	4,20	2310	2220	2070	1950	1860	1770	1650	6,300	3510	3360	3150	2940	2820	2670	2460
64	2560	2,240	1472	1408	1312	1248	1184	1152	1056	4,48	2464	2368	2210	2080	1984	1886	1760	6,720	3744	3584	3360	3136	3008	2848	2624
68	2720	2,380	1564	1496	1394	1328	1258	1224	1122	4,76	2618	2516	2346	2210	2108	2005	1870	7,140	3978	3808	3570	3332	3196	3026	2788
72	2880	2,520	1656	1584	1478	1404	1332	1296	1188	5,04	2772	2664	2484	2340	2232	2124	1980	7,560	4212	4032	3780	3528	3384	3204	2952
76	3040	2,660	1748	1672	1558	1482	1406	1368	1254	5,32	2926	2812	2622	2470	2356	2242	2090	7,980	4446	4256	3990	3724	3572	3382	3116
80	3200	2,800	1840	1760	1640	1560	1480	1440	1320	5,60	3080	2960	2760	2600	2480	2360	2200	8,400	4680	4480	4200	3920	3760	3560	3280
84	3360	2,940	1932	1848	1722	1638	1554	1512	1386	5,88	3234	3108	2898	2730	2604	2478	2310	8,820	4914	4704	4410	4116	3948	3738	3444
88	3520	3,080	2024	1936	1804	1716	1628	1584	1452	6,16	3388	3256	3036	2860	2728	2596	2420	9,240	5148	4928	4620	4312	4136	3916	3608
92	3680	3,220	2116	2024	1886	1794	1702	1656	1518	6,44	3542	3404	3174	2990	2852	2714	2530	9,660	5382	5152	4830	4506	4324	4094	3772
96	3840	3,360	2208	2112	1968	1872	1776	1728	1584	6,72	3696	3552	3312	3120	2976	2832	2640	10,080	5616	5376	5040	4704	4512	4272	3936
100	4000	3,500	2300	2200	2050	1950	1850	1800	1650	7,00	3850	3700	3450	3250	3100	2950	2750	10,500	5850	5600	5250	4900	4700	4450	4100
104	4160	3,640	2392	2288	2132	2028	1924	1872	1716	7,28	4004	3848	3588	3380	3224	3068	2860	10,920	6084	5824	5460	5096	4888	4628	4264
108	4320	3,780	2484	2376	2214	2106	1998	1944	1782	7,56	4158	3996	3726	3510	3348	3186	2970	11,340	6318	6048	5670	5292	5076	4808	4428
112	4480	3,920	2576	2464	2296	2184	2072	2016	1848	7,84	4312	4144	3864	3640	3472	3304	3080	11,760	6552	6272	5880	5488	5264	4984	4592
116	4640	4,060	2668	2552	2376	2262	2146	2088	1914	8,12	4466	4292	4002	3770	3596	3422	3190	12,180	6786	6496	6090	5684	5452	5162	4758
120	4800	4,200	2760	2640	2460	2340	2220	2160	1980	8,40	4620	4440	4140	3900	3720	3540	3300	12,600	7020	6720	6300	5880	5640	5340	4920

Vakiokoot painettu vahvennetulla. Standardstorlekar tryckta med fet stil. Yhteiden koko värialueilla. Anslutningarnas storlek är markerad avvikande bottenfärg. NS 10 NS 15



Högfors 300 ja 400 korkean radiaattorin lämmönluovutuskäyrät [40, s. 9]

Högfors-radiaattorit 1981

Taulukko. Högfors-radiaattoreiden lämmönluovutustaulukko [40, s. 3].

Lämpötilaero
Temperaturdifferens

$$\Delta t = \frac{t_m + t_p}{2} - t_h$$

t_m =radiaattoriin tulevan veden lämpötila °C
=det inkommande vattnets temperatur i radiatorn °C

t_p =radiaattorista palaavan veden lämpötila °C
=det utgående vattnets temperatur i radiatorn °C

t_h =huonelämpötila °C
=rumstemperatur °C

$\Delta t = 60^\circ\text{C}$

Esim. vesi vatten **90/70°C**
T.ex. huonelämpötila rumstemp. **20°C**

Jäikeita kpl Antal delin.	Pihaus mm Längd	I-kertainen, enkel										II-kertainen, dubbel										Pihaus mm Längd	Jäikeita kpl Antal delin.
		Korkeus mm Höjd										Korkeus mm Höjd											
		300		400		500		600		900		300		400		500		600		900			
		W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h		
10	400	174	150	215	185	262	225	308	265	448	385	297	255	361	310	448	385	500	430	762	655	400	10
15	600	261	225	322	276	393	337	462	397	672	577	445	382	541	465	672	577	750	645	1143	982	600	15
20	800	348	300	430	369	523	448	616	529	869	770	594	510	721	620	896	770	1000	860	1524	1310	800	20
25	1000	435	375	537	461	654	562	770	662	1120	962	742	637	903	776	1120	963	1250	1075	1905	1637	1000	25
30	1200	522	450	645	554	785	675	925	795	1344	1155	891	765	1083	931	1343	1154	1500	1290	2286	1965	1200	30
35	1400	609	525	752	646	916	787	1078	927	1568	1347	1039	892	1264	1087	1567	1347	1750	1505	2667	2292	1400	35
40	1600	696	600	861	740	1047	900	1233	1060	1792	1540	1188	1020	1442	1240	1791	1540	2000	1720	3048	2620	1600	40
45	1800	783	675	967	831	1178	1013	1387	1192	2016	1732	1336	1147	1624	1396	2015	1732	2250	1935	3429	2947	1800	45
50	2000	870	750	1075	924	1310	1126	1540	1324	2240	1925	1486	1275	1805	1552	2240	1926	2500	2150	3810	3275	2000	50
55	2200	957	827	1182	1016	1440	1238	1694	1456	2464	2117	1633	1402	1986	1707	2463	2118	2750	2365	4191	3602	2200	55
60	2400	1044	900	1291	1110	1570	1350	1848	1590	2688	2310	1782	1530	2163	1860	2687	2310	3001	2580	4572	3930	2400	60
65	2600	1131	975	1398	1202	1702	1463	2003	1722	2912	2502	1930	1667	2346	2017	2911	2503	3251	2795	4953	4257	2600	65
70	2800	1218	1050	1505	1295	1834	1575	2156	1855	3136	2695	2079	1785	2527	2170	3136	2695	3500	3010	5334	4585	2800	70
75	3000	1305	1125	1612	1387	1965	1687	2310	1987	3360	2887	2227	1912	2707	2325	3360	2887	3750	3225	5715	4912	3000	75
80	3200	1392	1200	1720	1480	2096	1800	2464	2120	3584	3080	2376	2040	2888	2480	3584	3080	4000	3440	6096	5240	3200	80
85	3400	1479	1275	1827	1572	2227	1912	2618	2252	3808	3272	2524	2167	3068	2635	3808	3272	4250	3655	6477	5567	3400	85
90	3600	1566	1350	1935	1665	2358	2025	2772	2385	4032	3465	2673	2295	3249	2790	4032	3465	4500	3870	6858	5895	3600	90
95	3800	1653	1425	2042	1757	2489	2137	2926	2517	4256	3657	2821	2422	3429	2945	4256	3657	4750	4085	7239	6222	3800	95
100	4000	1740	1500	2150	1850	2620	2250	3080	2650	4480	3850	2970	2550	3610	3100	4480	3850	5000	4300	7620	6550	4000	100
105	4200	1827	1575	2257	1942	2751	2362	3234	2782	4704	4042	3118	2627	3790	3255	4704	4042	5250	4515	8001	6877	4200	105
110	4400	1914	1650	2365	2035	2882	2475	3388	2915	4928	4235	3267	2805	3971	3410	4928	4235	5500	4730	8382	7205	4400	110
115	4600	2001	1725	2472	2127	3013	2587	3542	3047	5152	4427	3415	2932	4151	3565	5152	4427	5750	4945	8763	7532	4600	115

Muuntokerroin k
muille lämpötilaeroille
Omräkningsfaktor k

Δt °C	k
40	0,6
45	0,7
50	0,8
55	0,9
60	1,0
65	1,1
70	1,2
75	1,3
80	1,4

Esim:
Jos Δt on 50°C
kerrotaan taulukon
lämmönluovutusarvot
0,8:lla.

T.ex.:
Om Δt är 50°C
multipliceras tabellens
värmeavgivningsvärden
med 0,8.

$\Delta t = 55^\circ\text{C}$
 $\Delta t = 45^\circ\text{C}$
kts. sivut 4 ja 5
se sid. 4 och 5

Vakiokoot
Standardstorlekar

Högfors-radiaattorit 1986

Taulukko. Högfors-radiaattoreiden lämmönluovutustaulukko [42, s. 4].

Högfors-radiaattorit


Lämmönluovutus $W \Delta t 40$ (esim. 70...50/20)

Δt = radiaattorin keski-
lämpötilan ja huonelämpötilan
ero.


PITUUS mm	Korkeus ja malli																			
	300					400					500					600				
	P	K	PP	KP	KK	P	K	PP	KP	KK	P	K	PP	KP	KK	P	K	PP	KP	KK
600	170	240	280	370	450	220	310	360	480	580	270	380	440	580	700	320	450	520	680	810
800	220	320	370	500	610	290	410	480	640	770	350	510	590	780	930	420	600	700	910	1080
1000	280	400	470	620	760	360	520	610	800	960	440	630	740	970	1160	530	750	870	1140	1350
1200	330	480	560	750	910	430	620	730	960	1160	530	760	890	1170	1390	630	890	1050	1370	1620
1400	390	560	650	870	1060	500	720	850	1120	1350	620	880	1040	1360	1620	740	1040	1220	1600	1890
1600	440	630	750	1000	1210	580	820	970	1280	1540	710	1010	1190	1560	1850	840	1190	1400	1820	2160
1800	500	710	840	1120	1360	650	930	1090	1440	1730	800	1140	1330	1750	2090	950	1340	1570	2050	2430
2000	550	790	940	1250	1520	720	1030	1210	1600	1925	890	1260	1480	1950	2320	1050	1490	1750	2280	2700
2200	610	870	1030	1370	1670	790	1130	1330	1760	2120	980	1390	1630	2140	2550	1160	1640	1920	2510	2970
2400	660	950	1120	1500	1820	860	1240	1450	1920	2310	1060	1520	1780	2330	2780	1260	1790	2090	2740	3230
2600	720	1030	1220	1620	1970	940	1340	1580	2080	2500	1150	1640	1930	2530	3010	1370	1940	2270	2960	3500
2800	770	1110	1310	1750	2120	1010	1440	1700	2240	2700	1240	1770	2070	2720	3240	1470	2090	2440	3190	3770
3000	830	1190	1400	1870	2270	1080	1550	1820	2400	2890	1330	1900	2220	2920	3480	1580	2240	2620	3420	4040

Purmo-radiaattorit 1976

Taulukko. Purmo-paneelikonvektorit ja radiaattorit [43, s. 8–9].



-RADIOATTORIT - RADIATORER

 $\Delta t_m 60^\circ C$

I = yksinkertainen enplanig
 II = kaksinkertainen tvöplanig

Rakennepaino = vakio koot
 Konstruktionstryck = standardstorlekar 4 bar
 Tilauksoot Beställingsstorlekar 4 bar tai 6 bar eller

LÄMMONLUOVUTUS — VÄRMEAVGIVNING

Lilte luku Sekt. antal	Pituus Längd mm	Korkeus — Höjd 300 mm						Korkeus — Höjd 400 mm						Korkeus — Höjd 500 mm					
		I*		II		I*	II	I		II		I*	II	I		II			
		kcal/h	Watt	kcal/h	Watt			kcal/h	Watt	kcal/h	Watt			kcal/h	Watt				
1	40	0,029	25,5	17,4	29,7	0,035	31,0	21,5	36,1	0,044	38,5	26,2	44,8						
10	400	0,290	255	174	297	0,350	310	215	361	0,440	385	262	448						
15	600	0,435	383	261	446	0,525	465	322	541	0,660	578	393	672						
20	800	0,580	510	348	594	0,700	620	430	721	0,880	770	524	896						
25	1000	0,725	638	435	743	0,875	775	537	903	1,100	963	655	1120						
30	1200	0,870	765	522	891	1,050	930	645	1083	1,320	1155	786	1344						
35	1400	1,015	893	609	1040	1,225	1085	752	1264	1,540	1348	917	1568						
40	1600	1,160	1020	696	1188	1,400	1240	860	1444	1,760	1540	1048	1792						
45	1800	1,305	1148	783	1337	1,575	1395	967	1624	1,980	1732	1179	2016						
50	2000	1,450	1275	870	1485	1,750	1550	1075	1805	2,200	1925	1310	2240						
55	2200	1,595	1403	957	1634	1,925	1705	1182	1986	2,420	2118	1441	2464						
60	2400	1,740	1530	1044	1782	2,100	1860	1290	2166	2,640	2310	1572	2688						
65	2600	1,885	1658	1131	1931	2,275	2015	1398	2346	2,860	2503	1703	2912						
70	2800	2,030	1785	1218	2079	2,450	2170	1505	2527	3,080	2695	1834	3136						
75	3000	2,175	1913	1305	2228	2,625	2375	1613	2708	3,300	2888	1965	3360						
80	3200	2,320	2040	1392	2376	2,800	2480	1720	2888	3,520	3080	2096	3584						
85	3400	2,465	2168	1479	2525	2,975	2655	1828	3069	3,740	3273	2227	3808						
90	3600	2,610	2295	1566	2673	3,150	2790	1935	3249	3,960	3465	2358	4032						
95	3800	2,755	2423	1653	2822	3,325	2945	2043	3430	4,180	3658	2489	4256						
100	4000	2,900	2550	1740	2970	3,500	3100	2150	3610	4,400	3850	2620	4480						
105	4200	3,045	2678	1827	3119	3,675	3255	2258	3791	4,620	4043	2751	4704						
110	4400	3,190	2805	1914	3267	3,850	3410	2365	3971	4,840	4235	2882	4928						
115	4600	3,335	2933	2001	3416	4,025	3565	2473	4152	5,060	4428	3013	5152						

NS 10 ← NS 15

A VAKIOT — STANDARD
 A 10
 B 10
 C 10
 D 10
 E 10
 A 15
 B 15
 C 15
 D 15
 E 15

① $t_h = 20^\circ C$
 $t_m = 90^\circ C$
 $t_p = 70^\circ C$

② $t_h = 10^\circ C$
 $t_m = 80^\circ C$
 $t_p = 60^\circ C$

③ $t_h = 15^\circ C$
 $t_m = 90^\circ C$
 $t_p = 60^\circ C$

④ $t_h =$ huoneen lämpötila
 $t_m =$ ruumstemperatur
 $t_p =$ menoveden lämpötila
 $t_r =$ framlednings-temperatur
 $t_o =$ paluuveden lämpötila
 $t_r =$ returlednings-temperatur

Huom.
 Mikäli lämmönluovutus halutaan jollekin muulle ylläpötilalle kuin annetuille voidaan käyttää alla olevia kertomia.

Obs
 Önskas värmeavgivningen för någon annan övertemperatur än de angivna kan nedan nämnda koefficient användas.

Haluttu tilämpötila Δt_m	Kerroin k jolla viereisen taulukoiden arvot kerrotaan Koefficient k
35	0,47
36	0,49
37	0,51
38	0,53
39	0,55
40	0,57
41	0,59
42	0,62
43	0,64
44	0,66
45	0,68
46	0,70
47	0,72
48	0,74
49	0,76
50	0,78
51	0,80
52	0,83
53	0,85
54	0,87
55	0,89
56	0,91
57	0,93
58	0,96
59	0,98
60	1,00
61	1,02
62	1,05
63	1,07
64	1,09
65	1,11
66	1,14
67	1,16
68	1,18
69	1,20
70	1,23
71	1,25
72	1,28
73	1,30
74	1,32
75	1,35

Purmo-radiaattorit 1981

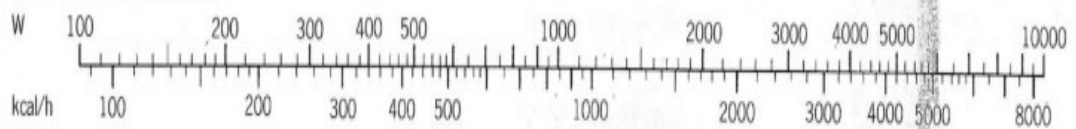
Taulukko. Purmo-radiaattoreiden lämmönluovutustaulukko [44, s. 11].

$\Delta t = 40^{\circ}\text{C}$

Esim.
Veden lämpötila 70/50°C
Huoneen lämpötila 20°C

PATTERIN PITUUS mm	PATTERIN KORKEUS JA TYYPIT												PATTERIN PITUUS mm								
	300			400			500			600				900							
	I	II	IK	I	II	IK	I	II	IK	I	II	IK	I	II	IK						
	LÄMMÖNLUOVUTUS (W)																				
600	175	295	225	440	220	375	295	570	270	460	365	700	315	545	435	830	535	995	705	1390	600
800	230	390	300	590	295	500	395	760	360	615	485	935	420	725	580	1110	715	1330	935	1850	800
1000	290	490	375	730	370	630	490	955	450	765	605	1170	530	905	735	1390	890	1660	1170	2310	1000
1200	345	585	450	885	440	785	590	1140	540	920	730	1400	635	1090	855	1660	1070	1930	1410	2770	1200
1400	405	685	525	1030	515	880	685	1330	625	1070	850	1640	740	1270	1010	1940	1250	2330	1640	3230	1400
1600	460	780	600	1180	590	1000	785	1520	715	1230	970	1870	845	1450	1160	2220	1430	2660	1870	3690	1600
1800	520	880	675	1330	660	1130	885	1720	805	1380	1090	2110	950	1630	1300	2490	1610	2990	2110	4160	1800
2000	575	980	750	1470	735	1260	980	1910	895	1530	1210	2340	1060	1810	1450	2770	1780	3320	2340	4620	2000
2200	635	1080	825	1620	810	1380	1080	2100	985	1690	1340	2570	1160	1990	1590	3060	1960	3660	2580	5080	2200
2400	690	1170	900	1770	885	1510	1180	2290	1080	1840	1460	2810	1270	2170	1740	3330	2140	3990	2810	5540	2400
2600	750	1270	975	1920	955	1630	1280	2480	1160	1990	1580	3040	1370	2360	1880	3600	2320	4320	3040	6000	2600
2800	805	1370	1050	2060	1030	1760	1370	2670	1250	2150	1700	3280	1480	2540	2020	3880	2500	4650	3280	6470	2800
3000	865	1470	1130	2210	1100	1880	1470	2860	1340	2300	1820	3510	1580	2720	2170	4160	2680	4990	3510	6930	3000

LÄMPÖTEHON LAATUMUUNNOS



vakiomallit putkiintä NS10 putkiintä NS15

Purmo-radiaattorit 1986

Taulukko. Purmo-radiaattoreiden lämmönluovutustaulukko [45, s. 2–5].

PURMO RADIOATTORIT		$\Delta t = 60^\circ\text{C}$ PATTERITEHOT, W															$\Delta t = \frac{(t_m + t_p)}{2} - t_h$		Δt = yllämpötila t_m = menovesi t_p = paluovesi t_h = huoneen lämpötila												
Pituus	300						400						500						600						900						Pituus
	1	1K	2	2KS	2K	3K	1	1K	2	2KS	2K	3K	1	1K	2	2KS	2K	3K	1	1K	2	2KS	2K	3K	1	1K	2	2KS	2K	3K	
600	281	401	482	635	777	1124	367	520	624	813	983	1423	452	635	763	985	1181	1708	536	749	899	1152	1371	1984	781	1078	1295	1632	1912	2766	600
800	375	535	643	848	1030	1498	490	693	832	1084	1311	1897	603	847	1018	1313	1574	2278	714	998	1199	1536	1828	2645	1041	1438	1727	2177	2550	3669	800
1000	489	669	803	1058	1285	1873	612	866	1041	1355	1639	2371	753	1059	1272	1641	1958	2847	883	1248	1499	1920	2285	3307	1302	1797	2159	2721	3187	4611	1000
1200	562	802	964	1269	1554	2248	735	1040	1249	1626	1967	2846	904	1271	1526	1969	2382	3417	1071	1497	1799	2304	2743	3968	1562	2157	2591	3265	3824	5533	1200
1400	656	936	1124	1481	1812	2622	857	1213	1457	1896	2295	3320	1055	1483	1781	2298	2755	3886	1250	1747	2098	2688	3200	4629	1822	2516	3022	3809	4462	6455	1400
1600	750	1070	1265	1692	2071	2967	980	1386	1665	2167	2622	3794	1206	1694	2035	2626	3149	4556	1428	1996	2398	3072	3657	5291	2083	2876	3454	4353	5099	7377	1600
1800	843	1204	1446	1904	2330	3371	1102	1559	1873	2438	2950	4268	1356	1906	2290	2954	3543	5125	1607	2246	2698	3456	4114	5952	2343	3235	3886	4897	5737	8299	1800
2000	937	1337	1606	2115	2589	3746	1225	1733	2081	2709	3278	4743	1507	2118	2544	3282	3936	5695	1785	2496	2998	3840	4571	6613	2603	3595	4318	5442	6374	9222	2000
2200	1031	1471	1767	2327	2848	4121	1347	1906	2289	2980	3606	5217	1658	2300	2796	3611	4330	6264	1964	2745	3297	4224	5028	7274	2854	3954	4750	5886	7011	10144	2200
2400	1125	1605	1928	2538	3107	4495	1469	2079	2497	3251	3934	5691	1808	2542	3053	3939	4723	6834	2143	2995	3597	4607	5485	7996	3124	4314	5181	6530	7849	11066	2400
2600	1218	1739	2088	2750	3366	4870	1592	2252	2705	3522	4261	6165	1959	2753	3307	4267	5117	7403	2321	3244	3897	4991	5942	8597	3384	4673	5613	7074	8286	11988	2600
2800	1312	1872	2249	2982	3625	5244	1714	2426	2914	3793	4589	6640	2110	2965	3582	4695	5511	7973	2500	3494	4197	5375	6399	9258	3644	5033	6045	7618	8923	12910	2800
3000	1406	2006	2410	3173	3884	5619	1837	2599	3122	4064	4917	7114	2260	3177	3816	4924	5904	8542	2678	3743	4495	5759	6856	9920	3905	5392	6477	8162	9561	13832	3000
3200	1499	2140	2570	3385	4143	5904	1959	2772	3330	4335	5245	7586	2411	3389	4070	5252	6298	9112	2857	3990	4796	6143	7314	10581	4165	5751	6908	8706	10198	14754	3200
3400	1593	2274	2731	3596	4402	6368	2082	2945	3538	4608	5573	8082	2562	3600	4325	5580	6682	9681	3035	4243	5096	6527	7771	11242	4425	6111	7340	9251	10836	15677	3400
3600	1687	2407	2892	3808	4661	6743	2204	3119	3746	4877	5900	8537	2713	3812	4579	5908	7085	10251	3214	4492	5396	6911	8228	11904	4686	6470	7772	9795	11473	16599	3600
3800	1780	2541	3052	4019	4919	7117	2327	3292	3954	5148	6228	9011	2863	4024	4834	6236	7479	10820	3392	4742	5696	7295	8685	12565	4946	6830	8204	10339	12110	17521	3800
4000	1874	2675	3213	4231	5178	7482	2449	3465	4162	5418	6556	9485	3014	4236	5088	6565	7872	11390	3571	4991	5995	7679	9142	13226	5206	7189	8636	10683	12748	18433	4000

vakio-ohjelma

Oikeudet muutoksiin pidätetään.

Muutosasteikko keskimääräisen yllämpötilan Δt :n arvoille



Skaala perustuu lämmönluovutuseksponentin arvoon
 $n = 1,3 (\varnothing \sim \Delta t^n)$


Purmo-radiaattorit 2017

Taulukko. Purmo Hygiene -radiaattoreiden lämmönluovutustaulukko [30].

	t_{flow}	t_{rtn}	t_{room}	dT_{In}									
	80,00	40,00	20,00	36									
Purmo Hygiene Heat output													
Type	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	
Height, mm	300	300	300	400	400	400	450	450	450	500	500	500	
Norm output, W/m	348	630	874	449	787	1098	498	863	1205	546	938	1309	
Exponent, n	1,3425	1,2815	1,2957	1,3255	1,2835	1,3004	1,3171	1,2846	1,3028	1,3086	1,2856	1,3051	
Length, mm													
	400	91	169	233	118	210	292	132	231	320	145	251	348
	500	114	211	291	148	263	365	165	288	400	181	313	435
	600	137	253	349	178	316	438	198	346	480	217	376	521
	700	160	295	407	207	368	511	231	404	560	253	439	608
	800	183	337	466	237	421	584	264	461	640	290	501	695
	900	206	379	524	267	473	657	296	519	721	326	564	782
	1000	228	421	582	296	526	730	329	577	801	362	627	869
	1100	251	464	640	326	579	803	362	634	881	398	689	956
	1200	274	506	698	355	631	876	395	692	961	435	752	1043
	1400	320	590	815	415	736	1022	461	807	1121	507	877	1217
	1600	365	674	931	474	842	1168	527	923	1281	579	1003	1391
	1800	411	758	1048	533	947	1314	593	1038	1441	652	1128	1564
	2000	457	843	1164	592	1052	1460	659	1153	1601	724	1253	1738
	2200	502	927	1280	652	1157	1606	725	1269	1761	797	1378	1912
	2300	525	969	1339	681	1210	1679	758	1326	1841	833	1441	1999
	2600	594	1096	1513	770	1368	1898	856	1499	2082	941	1629	2260
	3000	685	1264	1746	889	1578	2190	988	1730	2402	1086	1880	2607
RAL Req. Nr.:	0810	0851	0852	0810	0851	0852	0810	0851	0852	0810	0851	0852	

Radiaattoritehdas Salomaa, radiaattorit 1997

Taulukko. Salomaa, radiaattoreiden lämmönluovutustaulukko [46, s. 1].



myynti@salomaa.net
02-5310 600

Tekniikan Porin yksikkö 30.9.97


Radiaattoritehdas Salomaa Oy Radiaattorit

MITATUT LÄMMÖNLUOVUTUSTEHOT Ø (W)										Tyyppi 10			
Pinnan mm	Korkeus 300				Korkeus 450				Korkeus 600				
	Ylälämpötila Δt				Ylälämpötila Δt				Ylälämpötila Δt				
	60 °C	45 °C	35 °C	30 °C	60 °C	45 °C	35 °C	30 °C	60 °C	45 °C	35 °C	30 °C	
400	170	120	80	70	250	170	120	100	330	230	160	130	
600	250	170	120	100	370	260	180	150	490	340	240	200	
800	340	230	170	140	500	340	250	200	660	460	320	260	
1000	420	290	210	170	620	430	310	250	820	560	400	330	
1200	510	350	250	200	750	510	370	300	990	680	490	400	
1400	590	410	290	240	870	600	430	350	1150	790	570	460	
1600	680	480	330	270	1000	690	490	400	1320	900	650	530	
1800	760	520	370	310	1120	770	560	450	1480	1010	730	590	
2000	850	580	420	340	1250	850	610	500	1650	1130	810	660	
2300	970	670	480	390	1440	990	710	580	1890	1290	930	760	
2600	1100	750	540	440	1620	1110	800	650	2140	1480	1050	860	
3000	1270	870	620	510	1870	1280	920	750	2470	1690	1210	960	


Tehoyhtälö :


$$\varnothing = 6.03 h^{0.957} \Delta t^{1.32}$$

\varnothing = lämmönluovutusteho W / m
 h = patterin korkeus m
 Δt = ylälämpötila °C



Matti Lähdeniemi
Dosentti, yksikön johtaja





Ari Anttonen
Insinööri

Tekniikan Porin yksikkö
Tekniikantie 2
28600 Pori

Puh. (02) 627 2500
Fax. (02) 627 2600

<http://www.apt.fi>

Radiaattoritehdas Salomaa, radiaattorit 2017

Taulukko. Salomaa, radiaattoreiden lämmönluovutustaulukko [47].

$6,03 * h^{0,95} \Delta t^{1,315}$	75/65/20	45/35/20	70/40/20	80/40/20
Type-10	49,83	19,58	32,74	36,41
400	172	50	99	114
500	215	63	124	143
600	259	76	149	171
700	302	88	174	200
800	345	101	198	228
900	388	114	223	257
1000	431	126	248	285
1100	474	139	273	314
1200	517	151	298	342
1400	603	177	347	399
1600	690	202	397	456
1800	776	227	447	514
2000	862	252	496	571
2300	991	290	571	656
2600	1121	328	645	742
3000	1293	379	744	856

Yhden toimistohuoneen lämpöhäviölaskelma

Mitoituksen lähtötietoihin tarvittavat tiedot:

- rakennuksen rakennuspiirustuksista pinta-alat
- (U-arvot), eli rakenteiden lämmönläpäisykertoimet
- sijainti-alueen mitoituslämpötilat
- ilmanvaihtojärjestelmästä perustiedot ja toiminta
- rakennuksen tiiveyskerroin (mikäli tavanomaista tiiviimpi rakennus)

Lähtöarvot

T_s	21 °C	(sisäilman lämpötila huoneessa)
$T_{u, \text{mit.}}$	26 °C	(ulkoilman lämpötila mit.olosuhteissa)
ρ_i	1,2 kg/m ³	
c_{pi}	1000 J/(kg K)	
$Q_v, \text{vuotoilma}$	0,005 m ³ /s	(laskettu tekstisivulla 33)
A_{vaippa}	59,32 m ²	(huoneen vaipan ala)
A_{us}	33,35 m ²	
$A_{\text{yläpohja}}$	26,00 m ²	
A_{ikkuna}	12,32 m ²	
Huoneen pinta-ala	26,00 m ²	
Huoneen korkeus	2,85 m	
V_{huone}	26 m ² * 2,85 m = 74,1 m ³	
Ulkoseinän U-arvo	0,35 W/m ² K	
Yläpohjan U-arvo	0,29 W/m ² K	
Ikkunan U-arvo	1,8 W/m ² K	(Liitte 3. Pilkingtonin laskelma)
Σ kylmäsiilat	138,37 W	

Tilojen lämmitysjärjestelmän lämpötehon tarve voidaan laskea Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 mukaisesti kaavalla (9.2) [33, s. 60].

$$\dot{Q}_{\text{tila}} = \dot{Q}_{\text{johtuminen}} + \dot{Q}_{\text{vuotoilma}} + \dot{Q}_{\text{iv tulo}} + \dot{Q}_{\text{korvaus iv}}$$

$$\dot{Q}_{\text{tila}} = 1880,7 \text{ W} + 431,7 \text{ W} = 2312,4 \text{ W}$$

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 mukaisesti voidaan laskea rakennusvaipan johtumislämpöhäviöteho kaavalla (9.3) [33, s. 60.]

$$\dot{Q}_{\text{johtuminen}} = \dot{Q}_{\text{ulkoseinä}} + \dot{Q}_{\text{yläpohja}} + \dot{Q}_{\text{alapohja}} + \dot{Q}_{\text{ikkuna}} + \dot{Q}_{\text{ovi}} + \dot{Q}_{\text{muu}} + \dot{Q}_{\text{kylmäsilillat}}$$

\dot{Q}_{muu} viereisiin tiloihin johtuva lämpöteho (tässä laskennassa ei oteta huomioon, koska viereisillä tiloilla ei ole lämpötilaeroa).

\dot{Q}_{ovi} (tässä laskennassa ei oteta huomioon, koska toimistotiloissa ei ole ulko-ovia)

$$\dot{Q}_{\text{johtuminen}} = (0,35 * (33,34 - 12,32) * 47) + ((0,29 * 26) * 47) + ((1,8 * 12,32) * 47) + \sum \dot{Q}_{\text{kylmäsilillat}} = 138,37 = 1880,7 \text{ W}$$

Lämpöhäviötehot jokaisen rakennusosan läpi lasketaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 mukaisesti kaavalla (9.4), sekä kylmäsiltojen läpi kaavalla (9.5) [33, s. 61.]

$$\dot{Q}_i = \sum U_i * A_i * (T_s - (-T_{u,mit.}))$$

$$\dot{Q}_{\text{kylmäsilillat}} = \sum U_i * k * \Psi_k * (T_s - (-T_{u,mit.}))$$

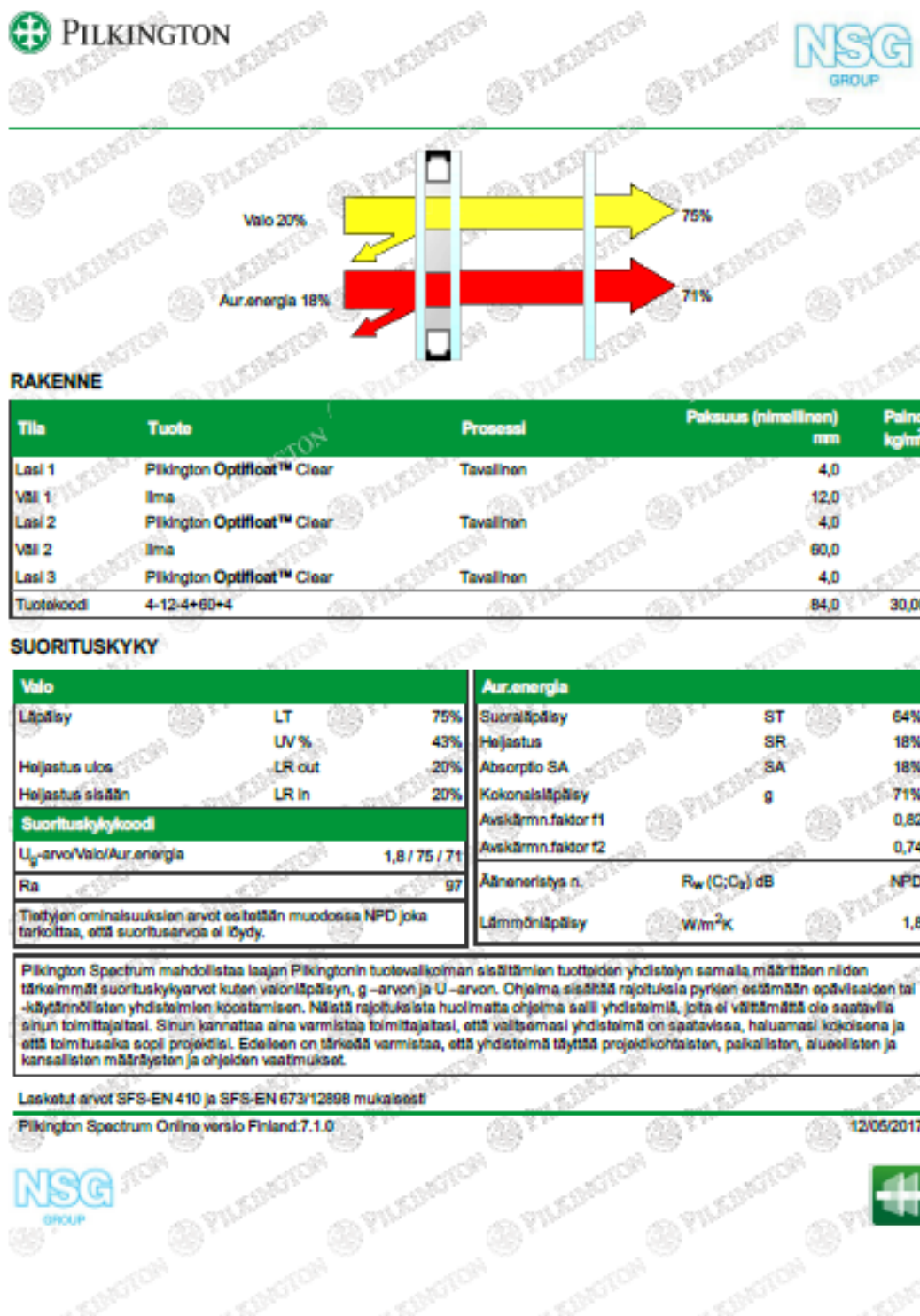
Suomen rakentamismääräyskokoelman D5 mukaisesti vuotoilman lämpenemisen lämpötehon tarve voidaan laskea kaavalla (9.6) [33, s. 61.]

$$\dot{Q}_{\text{vuotoilma}} = \rho_i * C_{pi} * q_{v,vuotoilma} * (T_s - T_{u,mit.})$$

(vuotoilmavirta on laskettu teksti-osan sivulla 33)

$$\dot{Q}_{\text{vuotoilma}} = 1,2 * 1000 * 0,007655 * (21 - (-26)) = 432 \text{ W}$$

Rakennuksessa oleva ikkunarakenne [39]



Kuva. Pilkington Spectrum Online-mitoitusohjelma [39].