



Juho Vähäkangas

Lattiaviilennyslaitteen valinta omakotitaloon

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

Insinöörityö

9.6.2024

Tiivistelmä

Tekijä: Juho Vähäkangas
Otsikko: Lattiaviilennyslaitteen valinta omakotitaloon
Sivumäärä: 22 sivua + 1 liite
Aika: 9.6.2024

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Energia- ja ympäristötekniikka
Ammatillinen pääaine: Ympäristötekniikka
Ohjaajat: Lehtori Tomi Hämäläinen
Projektipäällikkö Jori Savolainen

Opinnäytetyössä tarkasteltiin erilaisia lattiaviilennysvaihtoehtoja omakotitalossa. Rakennusten viilennys on tärkeää niin asuinmukavuuden kuin terveydenkin kannalta. Viilennysjärjestelmiä on yleisesti käytössä erilaisia, mutta tässä työssä keskityttiin vähemmän yleiseen lattiaviilennysjärjestelmään.

Kohteeseen valittu laite valittiin vertailemalla kolmen eri laitetoimittajan laitteita. Lattiaviilennysjärjestelmän mahdollistavat suhteellisen tehokkaan tavan hallita asuntojen sisälämpötiloja kesäkuukausina. Opinnäytetyön tarkastelussa käytettiin pääsääntöisesti laitetoimittajien tarjoamia tietoja laitteista.

Tarkasteltiin lattiaviilennyksen tarjoamia etuja yleisempiin viilennystapoihin verrattuna, kuten tasaisen lämpötilan jakautumisen, vedottoman ja huomaamattoman tavan viilentää asuntoa sekä vähäisen energiankulutuksen. Vertailun perusteella saatiin valittua sopivin lattiaviilennysjärjestelmä kyseessä olevaan rakennettavaan omakotitaloon ottaen huomioon tekniset ominaisuudet, kustannukset ja kokonaisuus yleisesti.

Lattiaviilennysjärjestelmien vertailun ja perehtymisen jälkeen suositellaan, että kyseessä olevaan Nurmijärvelle rakennettavaan omakotitaloon valitaan laitetoimittajaksi Lavi Coolin markkinoima järjestelmä. Järjestelmän ollessa riippumaton lattialämmitysjärjestelmän tai maalämpöpumpun merkeistä tai malleista se tarjoaa enemmän vapautta muiden laitteiden, kuten maalämpöpumpun ja lattialämmitysjärjestelmän valinnassa ja kilpailutuksessa. Tämän vuoksi on mahdollista saada kilpailukykyisin hinta kokonaisuudelle tässä tapauksessa.

Tämän opinnäytetyön tulokset tarjoavat työn tilaajalle tietoa laitetoimittajan valintaan omakotitaloprojektissa lattiaviilennysjärjestelmää hankittaessa.

Avainsanat: lattiaviilennys, omakotitalo, vertailu

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author: Juho Vähäkangas
Title: Selecting a Floor Cooling System for a Detached House
Number of Pages: 22 pages + 1 appendices
Date: 9 of June 2024

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Energy and Environmental Engineering
Professional Major: Environmental Engineering
Supervisors: Tomi Hämäläinen, Senior Lecturer
Jori Savolainen, Project Manager

The thesis examined different floor cooling options in a detached house. The cooling of buildings is important for both living comfort and health. Different types of cooling systems are used, but in this thesis the focus was the general floor cooling system.

The device for the property was selected by comparing devices from three different device suppliers. The floor cooling system enables a relatively efficient way to control the interior temperatures of apartments in the summer months. In the examination, the thesis mainly used information about devices provided by device suppliers.

The advantages offered by floor cooling compared to more common cooling methods were examined, such as even temperature distribution, a draft-free and airless cooling of the apartment, and low energy consumption. On the basis of the comparison, it was possible to select the most suitable floor cooling system for the detached house under construction, taking into account the technical characteristics, costs and the ensemble in general.

After comparing and examining ourselves with the floor cooling systems, the thesis recommends that the system marketed by Lavi Cool be selected as the equipment supplier for the detached house being built in Nurmijärvi. Since the system is independent of the brands or models of the floor heating system or geothermal heat pump, it offers more freedom in the selection and tendering of other devices, such as the geothermal heat pump and floor heating system. Therefore, it is possible to obtain the most competitive price for the whole in this case.

The results of this thesis provide information to the client for the selection of an equipment supplier when purchasing a floor cooling system in a detached house project.

Keywords: floor cooling, detached house, comparison

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Omakotitalon yleisimmät viilennysratkaisut	2
2.1	Ilmalämpöpumppu	2
2.2	Tuloilman viilennys ilmanvaihdon kautta	4
2.3	Jäähdytyskonvektorit	5
2.4	Passiiviset jäähdytyskeinot	6
3	Lattiaviilennysjärjestelmä omakotitalossa	7
3.1	Lattiaviilennyksen toimintaperiaate	7
3.2	Kohteen esittely ja tiedot	8
3.3	Viilennystehon tarve kohteessa	11
3.4	Lattiaviilennysjärjestelmästä saatava viilennysteho	11
4	Lattiaviilennysjärjestelmien vertailu	12
4.1	Uponor Suomi Oy	13
4.1.1	Sisältö ja ominaisuudet	14
4.1.2	Automatiikka	14
4.2	Nibe Energy Systems Oy	16
4.2.1	Sisältö ja ominaisuudet	16
4.2.2	Automatiikka	17
4.3	CoolDownCrew	18
4.3.1	Sisältö ja ominaisuudet	19
4.3.2	Automatiikka	19
4.4	Viilennysjärjestelmien vertailu	20
4.5	Lattiaviilennyslaitteen toimittajan valinta	20
5	Johtopäätökset	21
	Lähteet	23

Liitteet

Liite 1: Lattiaviilennyslaitteiden vertailutaulukko

1 Johdanto

Asuntojen sisäilman lämpötilalla on iso merkitys ihmisten terveyteen ja asuinviihtyvyyteen. Kesäkuukausien hellepäivien määrät Suomessa ovat lisääntyneet ja hellejaksojen pituudet kasvaneet viime vuosina ilmastonmuutoksen seurauksena. [1.] Asuntojen jälleenmyyntiarvon, asumismukavuuden ja -terveyden kannalta on kannattavaa varustaa kodit jo rakennusvaiheessa koneellisella viilennyksellä. Tyypilliset viilennysratkaisut omakotitaloissa ovat ilmalämpöpumpun lisäksi maalämpöjärjestelmään ja ilmavesilämpöpumppuun liitetyt jäähdytyskonvektorit. Lattiaviilennyslaitteiden asennus omakotitaloihin on Suomessa määrällisesti tällä hetkellä hyvin vähäistä, vaikka lattiaviilennysjärjestelmiä on Suomen markkinoilla ollut jo yli kymmenen vuotta. [2.]

Opinnäytetyössä selvitetään omakotitaloihin soveltuvia lattiaviilennysjärjestelmiä. Lattiaviilennyksen toiminta vaatii pumppuryhmää lämmönsiirtimellä, ja se käyttää hyödykseen lattialämmitysverkostoa. Pumppuryhmien toimittajia Suomen markkinoilla on vain muutama. Opinnäytetyössä vertaillaan kolmen eri laite toimittajan tuotteita ja niihin liittyviä lisävarusteita. Vertailun perusteella tehdään laitevalinta Nurmijärvelle vuonna 2024 rakennettavaan omakotitaloon.

Työssä käydään ensin lyhyesti läpi omakotitaloissa yleisimmin käytettyjä viilennysratkaisuita. Tämän jälkeen tarkastellaan lattiaviilennysjärjestelmän toimintaa, asunnon viilennystarvetta ja luvussa 3 rakennettavan talon ominaispiirteitä jäähdytyksen kannalta sekä lattiaviilennysjärjestelmän tuottaman jäähdytysenergian määrää. Luvussa 4 työhön valikoituja viilennysjärjestelmiä vertaillaan ja tehdään laitevalinta. Lopuksi käydään läpi työn tulokset ja perustelut, miksi päädyttiin juuri kyseiseen lopputulokseen.

2 Omakotitalon yleisimmät viilennysratkaisut

Omakotitalojen viilennystarve on toukokuusta syyskuuhun, johon hellejaksot tyypillisesti sijoittuvat Suomessa. Viilennyslaitteet ja -järjestelmät ovat tärkeitä terveyden ja asuinviihtyvyyden kannalta etenkin hellejaksojen pituuksien ollessa pitenemään päin. Vuodesta 1961 hellejaksot ovat pidentyneet ja hellepäivien määrät ovat vain lisääntyneet tähän vuoteen 2024 ja globaalien kasvihuonepäästöjen kasvaessa lämpenemistä tapahtuu samalla trendillä entisestään. [1.]

Rakennuksissa tapahtuvan yllälämpenemisen ennustetaan yleistyvän tulevaisuudessa. Tämänhetkiseläkin tasolla pitkittyneiden hellejaksojen aikana sisälämpötilat saattavat ylittää 32 °C:n toimenpiderajat. Toimenpiderajojen ylityksien ennustetaan moninkertaistuvan rakennuksissa, joissa ei ole jäähdytysjärjestelmiä. Kuumuuden tiedetään yleisesti lisäävän kuolleisuutta ja sairastavuutta, vaikka rakennusten lämpötilojen vaikutuksesta terveyteen ei ole kovin kattavaa tietoa. Korkeaa lämpötilaa voidaan kuitenkin pitää yhtenä suurimmista riskitekijöistä, mitä tulee rakennusten aiheuttamiin vakaviin terveyshaittoihin. [3.]

Nykyään talot rakennetaan tiiviiksi, ja tämänhetkinen trendi suosii suuria ikkunoita, joista auringosta saatu säteilyenergia tulee asuntoon. Uusien pientalojen varustaminen koneellisella viilennyksellä on nykyään erittäin suositeltavaa niin asuinviihtyvyyden kuin jälleenmyyntiarvonkin kannalta. Tässä luvussa käydään läpi yleisimmät asuntojen viilennysratkaisut ja luvussa 3 vähemmän yleinen ja tunnettu lattiaviilennysjärjestelmä.

2.1 Ilmalämpöpumppu

Ilmalämpöpumppua käytetään asunnon huoneilman viilennykseen ja lämmitykseen. Se koostuu ulko- ja sisäyksiköstä, joiden välillä kiertää kylmäaine. Yksiköt käyttävät lämmönsiirtimiä ja puhaltimia lämmön siirtämiseksi sisä- tai ulkoilmaan. Asuntoa viilennettäessä ilmalämpöpumpun kompressoripumppaa kaasumuodossa olevaa kylmäainetta lävitseen, nostaen kylmäaineen painetta ja lämpötilaa kompressorissa. Kompressorista tuleva niin sanottu kuumakaasu

ohjataan ulkoyksikön lämmönsiirtokennolle. Lämmönsiirtokennon läpi puhalletaan ulkoilmaa, jolloin kennossa oleva kuumakaasu luovuttaa lämpöenergiaa ympäristöön. Tällöin kylmäaineen lämpötila laskee ja olomuoto muuttuu nesteeksi. Kylmäaine kulkeutuu ulkoyksiköltä nestemäisenä paisuntaventtiilille, jonka tehtävänä on muodostaa sopiva paine-ero kylmäpiiriin. Kylmäpiirin paine laskee niin paljon, että kylmäaine alkaa höyrystymään. Höyrystymään alkanut kylmäaine kulkeutuu sisäyksikön lämmönsiirtokennoon, jossa se sitoo lämpöenergiaa. Höyrystymisen vaatima energia saadaan kennon läpi puhallettavasta sisäilmasta, jolloin sisäilma jäähtyy. Kokonaan höyrystynyt kylmäaine ohjataan takaisin kompressoriin. [4.]

Ilmalämpöpumpun toimintaa rajoittavat rakennuksen muotoilu ja väliseinät, jotka saattavat estää lämpimän tai viileän ilman leviämistä muihin tiloihin. Ilmalämpöpumppu soveltuu parhaiten avariin ja yksinkertaisesti muotoiltuihin asuntoihin, mutta sisäyksiköitä lisäämällä pystytään varmistamaan viileän ilman leviäminen haasteellisissakin asunnoissa. [5.]

Tämän jäähdytysjärjestelmän yksi suurimmista eduista on helppo asennettavuus, myös jälkiasennuksena. Se ei vaadi rakenteellisia muutoksia missään talotyypeissä. Laadukkaalla ilmalämpöpumpulla pystyy lämmittämään asunnon leudon talven ylitse, tarvitte kuitenkin rinnalleen myös varalämmitysmuodon. Laitteen hankintahinnat ovat edullisia. Ilmalämpöpumpun huonoina puolina pidetään laitteen vaatimaa säännöllistä huoltoa ja suodattimien vaihtoa sekä puhtaanapitoa. Lisäksi sisäyksikkö aiheuttaa jonkin verran äänihaittaa ja vedon tunnetta etenkin laitteen läheisyydessä. Sisä- ja ulkoyksiköiden ulkonäkö nähdään haittana ja esimerkiksi ulkoyksiköt pyritään tästä syystä asentamaan vähemmän näkyvälle paikalle, mahdollisuuksien mukaan.

Suomessa rakennettujen talojen rakenteet ja eristeet mahdollistavat -20 °C :n pakkasessa ja $+20\text{ °C}$:n sisälämpötilassa kohtuullisen energiankulutuksen lämmitykseen. Esimerkiksi, jos talo voidaan pitää lämpimänä 6 kW :n lämmitysteholla -20 °C :n pakkasessa, tehoa tarvitaan $0,15\text{ kW}$ yhden lämpötila-asteen eroa kohti ja tehoa tarvitaan saman verran suhteessa lämpötilaeroon kesällä

jäähdyttäessä. Eli +30 °C:n helteellä kymmenen asteen lämpötilan laskuun tarvitaan 1,5 kW:n jäähdytysteho. Sähkön menekissä se tarkoittaa 0,208 kW, joka saadaan jakamalla jäähdytysteho ilmalämpöpumpun SEER-luvulla, joka tässä esimerkissä on 7,2 suositun Hitachi Summit RAK 35 -ilmalämpöpumpun SEER-luvun mukaan. Lisätään esimerkkiin 20 päivän hellejakso, jolloin joka päivä jäähdytetään 12 tuntia. Sähkönkulutus 20 päivän ajalta olisi 50 kWh, joka saadaan kertomalla hellepäivien määrä, sähkön menekki ja 12 tunnin jäähdytysjakso. 50 kWh:sta kuluja koituisi noin kuuden euron verran, jos oletetaan sähkön hinnan olevan 12 senttiä kilowattitunnilta. Voidaan siis todeta käyttökustannusten olevan varsin kohtuulliset sähkön kulutuksen osalta. [6.]

2.2 Tuloilman viilennys ilmanvaihdon kautta

Maaputkistoa voidaan käyttää kesäaikana asunnon viilentämiseen. Tuloilmaa jäähdytetään lämmönvaihtimen kautta maaputkiston nesteellä. Tavanomaisesti mitoitettu ilmanvaihtojärjestelmä riittää noin 2–3 °C:n lämpötilan laskuun asunnossa. Viilennystehoa voidaan parantaa tuloilmaa jäähdyttämällä mahdollisimman paljon, mutta liian viileä ilma voi aiheuttaa IV-kanavistossa kondensoitumista ja vedon tunnetta asunnossa. Ilmanvaihdon kautta saatava viilennys on riittävä, mikäli aurinkosuojaukset on tehty oikein. Auringon säteilyn päästessä sisälle esteettä vaaditaan tehokkaampaa viilennysjärjestelmää. [7.]

Pelkästään viilennyskäyttöön tarkoitettu maaputkisto voidaan mitoittaa selkeästi lyhyemmäksi kuin maalämmölle mitoitettu. Lyhyemmällä putkistolla maaliuos-pumpun teho voi olla pienempi, jolloin sähkönkulutusta saadaan hieman alas-päin.

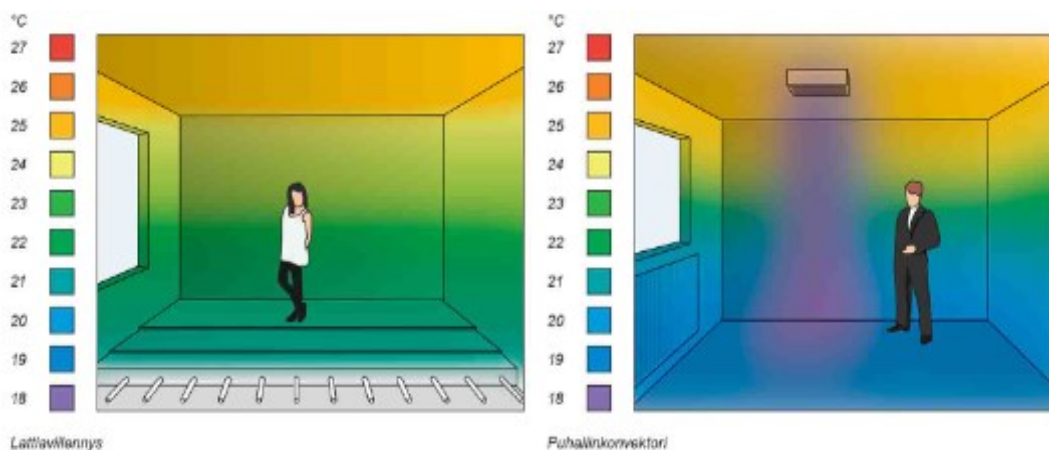
Vaikka viilennysteho tuloilman jäähdytyksessä on huonekohtaisesti pienempi kuin esimerkiksi ilmalämpöpumpulla tai jäähdytyskonvektorilla, lämpötilan alenus saadaan tuloilman viilennyksellä kaikkiin asunnon huoneisiin tasapuolisesti tuloilmakanavien kautta. Ilmalämpöpumpuissa ja jäähdytyskonvektoreissa jäähdytys painottuu selvästi tilaan, johon laite on asennettu. [8.]

2.3 Jäähdytyskonvektorit

Jäähdytyskonvektoreita käytetään viilennyksessä rakennuksissa, joissa on maalämpökaivo tai ilma-vesilämpöpumppu viilennysenergian lähteeksi. Kattoon upotettava tai seinälle kiinnitettävä puhallin toimii ilmalämpöpumpun sisäyksikön kaltaisesti siirtäen lämmön energiakaivoon. Jäähdytyskonvektorit yhdistetään maalämpö- tai ilmalämpöpumppuun. Jäähdytyskonvektoria voidaan käyttää sekä lämmitykseen että viilentämiseen. Jäähdytys on kannattavaa eritoten maalämpötaloissa, jolloin kierrätetään maalämpöpumpun lämpökaivon tai maapiirin lämmönsiirtonestettä jäähdytyskonvektorissa. Siirtoneste on näissä aina kylmää tai vain hieman nollan yläpuolella ja siitä saadaan käytännössä ilmaista energiaa jäähdytykseen sekä saadaan tehostettua maalämmön toimintaa. [9.]

Jäähdytyskonvektoreiden etuja ovat edulliset käyttökustannukset, etenkin jos energianlähteenä on maalämpökaivo. Vähäinen huollon tarve vähentää myös käyttökustannuksia. Maalämmön keruunesteellä jäähdytettäessä myös parannetaan vähän maalämpöpumpun hyötysuhdetta nostamalla kaivosta saatavan nesteen lämpötilaa. Siirtoneste on näissä joka tapauksessa aina kylmää tai hieman nollan yläpuolella, jolloin siitä saadaan käytännössä ilmaista energiaa jäähdytykseen. Ilma-vesilämpöpumppuun kytketyssä jäähdytyskonvektorissa sähkön kulutus on hieman suurempi, koska siinä jäähdytysenergia tuotetaan kylmäaineprosessilla samalla tavalla kuin ilmalämpöpumpuissa. [9.]

Jäähdytyskonvektoreiden haitat ovat samoja kuin ilmalämpöpumppujen sisäyksiköillä. Laitteet vaativat ylläpitoa ja säännöllisiä huoltoja ja ne aiheuttavat ääntä ja vedon tunnetta. Seinälle asennettaessa jäähdytyskonvektorit harvoin esiintyvät edukseen sisustuksenkaan kannalta. Kuvassa 1 havainnollistetaan lämpötilan jakautumisen ja tasaisuuden eroja puhallinkonvektorilla ja lattiaviilennyksellä. Kuvasta huomataan puhaltimen tuottama hyvin keskittynyt ilmavirtaus, joka aiheuttaa vedon tunteen ja lattiaviilennyksen tasaisemmin tuottama jäähdytys.



Kuva 1. Lattiviilennyksen ja jäähdytyskonvektorin vaikutus huoneilmaan. [10.]

Sijoittamalla useampia puhallinyksiköitä eri puolille rakennusta voidaan saada kuitenkin tasaisemmin jakautuva viilennys.

2.4 Passiiviset jäähdytyskeinot

Passiivisilla jäähdytyskeinoilla pyritään vähentämään rakennuksen viilennystarvetta. Auringon lämpösäteilyn pääseminen asuntoon pyritään estämään. Aurinkosuojauksella on valtavan suuri vaikutus sisäilman lämpenemiseen. Nykyaikaisissa matalaenergia- ja passiivitaloissa, suurien ikkunoiden kautta, auringon säteilyenergia pääsee tehokkaasti sisään asuntoon ilman aurinkosuojauksia. Kohdittuun aurinkoon päin olevalle tasolle lämpökuorma saattaa nousta yli 900 W/m^2 , mutta ikkunan läpi tulevan tehon määrä voi vaihdella ikkunoiden pinta-alasta tai suuntautumiskulmista riippuen. Ilman suojauksia lämmittävä vaikutus ikkunan läpi vaihtelee lattianeliöitä kohti jopa $10\text{--}100 \text{ W/m}^2$. [7.]

Hyvin suunniteltu ja toteutettu asunnon eristys ja aurinkosuojaukset vähentävät viilennysenergian tarpeen, ja parhaimmillaan koneelliselle viilennykselle ei ole lainkaan tarvetta. Rakennuksien valaistuksen ja lämmityksen tarpeeseen voidaan myös vaikuttaa toimivalla aurinkosuojauksella, jos auringosta saatavaa lämpöä saadaan hyötykäytettyä ja luonnonvalolla saadaan valaistua asuntoa. Suojaus on hyvä huomioida jo rakennusvaiheessa. [11.]

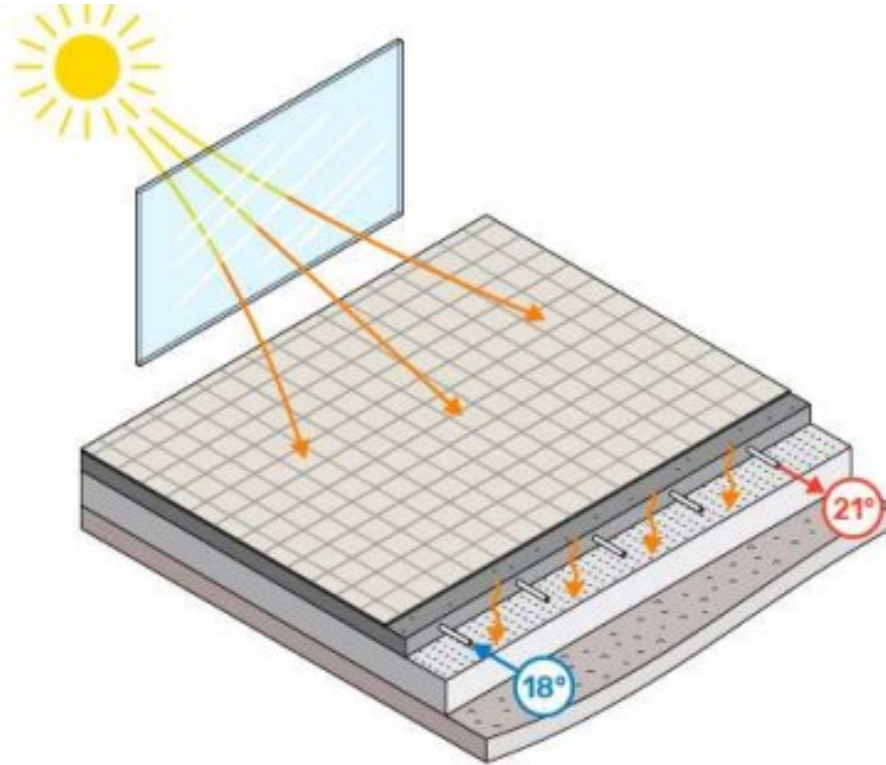
Tyypillisiä ratkaisuita auringon säteiden pääsyn estämiseksi asuntoon ovat ikkunoihin asennettavat sälekaihtimet, markiisit ja läpinäkyvät screen-kaihtimet. Kiinteitä suoja ovat ikkunan eteen asennettavat säleiköt tai korimarkiisit. Aurinkosuojuuksena voidaan käyttää myös istutuksia, puita tai pensaita. Myös öisin tuulettamalla saadaan viilennettyä päivällä lämmentä pintoja ja rakenteita. [11.]

3 Lattiaviilennysjärjestelmä omakotitalossa

Lattian viilennys kesäaikoina on yhtä tärkeä ja tarpeellinen kuin lämmityskin talviaikaan. Lattian viilennys otetaan huomioon jo asunnon rakennusvaiheessa, jolloin voidaan suunnitella tilat niin, että osaa lattiapinnoista voidaan samaan aikaan lämmittää ja toisaalla viilentää tarpeen mukaan. [10.]

3.1 Lattiaviilennyksen toimintaperiaate

Lattiaviilennyslaite rakennetaan vesikiertoisen lattialämmityksen rinnalle. Lämmityskauden aikana putkistossa kierrätetään lämmintä noin 22—35-asteista vettä. Viilennyskaudella taas sama vesi jäähdytetään lämmönsiirtimellä noin 18—25 °C asteiseksi. Lämpö siirtyy johtumalla putkistossa olevan veden luovuttaessa lämpöä ympärillä oleviin rakenteisiin, lämmittäen lattian pinnan. Lattiapinnasta lämpö siirtyy lämpösäteilynä tilassa oleviin pintoihin. Lattiaa viilentäessä periaate on sama, mutta toiminta päinvastainen. Lattia viilenee ja sitoo lämpöä rakenteista ja pinnoista itseensä. Kuvassa 2 nähdään, miten auringon lämpösäteilyn päästessä huoneistoon lämpö siirtyy lattiapinnan kautta putkien seinämän läpi putkistossa olevaan viileämpään veteen ja lämpö kulkeutuu veden mukana pois rakenteista. Vesi liikkuu kiertovesipumpun tuottamalla liikeenergialla lämmönsiirtimeen, jossa lämpö menee maalämpökaivon putkiston nesteeseen. Maalämpöpumppu liikuttaa kaivon nesteitä luovuttaen lämmön maaperään. Maaperään sitoutunutta lämpöä käytetään lämmityskaudella asunnon lämmitykseen. Lämmityskauden aikana putkistossa kierrätetään lämmintä noin 22—35 °C asteista vettä ja viilennyskaudella vesi on noin 18—25 °C astetta. [12.]



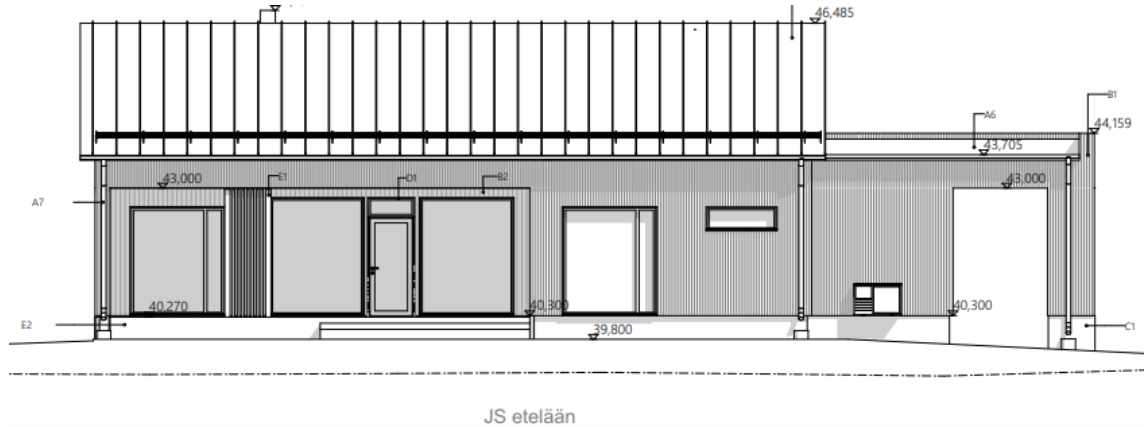
Kuva 2. Lattiaviilennys auringonsäteilyn aikana. [12.]

Lattiaviilennyksellä saavutettava teho pohjautuu isoon lattia-alaan ja pieneen lämpötilaeroon huonelämpötilan ja putkiston lämpötilan välillä. Lattiasta ei tule kylmyyden tunnetta eikä kondensoitumista tapahdu siitä syystä. Lattian pintalämpötila pidetään noin 20 °C:ssa. [10.] Viilennyksen tapahtuessa lattian kautta säteillen, asunto viilenee äänettömästi, tasaisesti eikä vedon tunnetta tule. Asuntojen kosteat tilat jätetään lattiaviilennyksen ulkopuolelle jakamalla ne omalle jakotukille, jolloin voidaan asuinviihtyvyyssyistä lämmittää kosteita tiloja ja viilentää muita tiloja samanaikaisesti. [12.]

3.2 Kohteen esittely ja tiedot

Lattiaviilennyslaite suunnitellaan asennettavaksi Nurmijärvelle rakennettavaan yksikerroksiseen omakotitaloon. Talo on puurunkoinen rakennus betonisella tuulettavalla alapohjalla, jossa kerrosala on 131 m². Viilennettävä pinta-ala rakennuksessa on 86,4 m² ja lämmitettävä nettoala 104,9 m². Rakennuksessa ikkunat ovat aukeavia sekä kiinteitä, joiden U-arvo on 1,0 W/m², K ja auringon

istutetaan lisäksi kotipihlaja, joka osaltaan toimii aurinkosuojana makuuhuoneeseen.



Kuva 4. Julkisivu etelään.

Kuvasta 5 nähdään, että pohjoisen puolelle asunnossa jäävät keittiö ja makuuhuoneen suuret ikkunat.



Kuva 5. Julkisivu pohjoiseen.

Asunnon viilennettävät tilat ovat lännen puolella (kuva 3). Länteen ja itään päin osoittavissa talonpäädyissä ei ole ikkunoita. Rakennettavan talon läheisyydessä ei ole puita tai korkeita rakennuksia luomassa varjoja, asunnon läheisyyteen on kuitenkin suunniteltuna istutuksia.

Etelän puoleisten suurien ikkunoiden vuoksi rakennus altistuu päivän suurimmille lämpösäteilyille. Terrassin katos kuitenkin suojaa suoralta lämpösäteilykuormalta. Lännen puolen ikkunattomasta päädyistä aurinko ei pääse sisään ja pohjoisen puoli jää luonnollisesti vähälle suoralle auringon paisteelle. Kaikkiin ikkunoihin asennetaan suojaksi sekä auringon että yksityisyyden vuoksi verhot.

3.3 Viilennystehon tarve kohteessa

Suomessa asuntojen viilennystehon tarve sijoittuu kesäkuukausille, mutta on silloinkin pitkälti vuorokaudenajasta sekä säästä riippuvainen. Lattiapinnan ja huoneen välisen lämpötilan erot sekä auringosta tulevan lämpösäteilyn tuoman lisätehon vuoksi lattiaviilennyksen tehon tarvetta on vaikea laskea tarkasti. Olemassa on kaavoja, joilla tehon voi laskea. Kaavat eivät ota huomioon esimerkiksi auringonsäteilyä, joka on kuitenkin merkittävä muuttuja. Viilennystehon tarve pystytään kuitenkin tarkemmin arvioimaan tuntikohtaisesti simuloimalla rakennus mallinnohjelmalla, mutta normaaleissa omakotitaloissa tehon tarve pystytään myös arvioimaan riittävällä tarkkuudella. [13.] Pientaloihin tarkoitettuja lattiaviilennysjärjestelmiä ei ole Suomessa tarjolla kuin yhdessä koossa, jolloin jäähdytystarpeen tarkempi laskeminen ei ole tässä tapauksessa tarpeellista. Simulointiohjelman käyttäminen olisi järkevää monimuotoisten talojen tai niin sanotusta normaalista poikkeavien rakennustoteutuksien yhteydessä.

Tässä työssä käsiteltävän kohteen kohdalla on arvioitu simuloinnin ja jäähdytystehonlaskeminen epäolennaisena kohteen tavanomaisuuden ja avaruuden vuoksi. Kyseessä olevassa kohteessa on myös huomioitu hyvin etelän puolelta tulevan auringon lämpösäteilyn pääsyn estäminen asuntoon aurinkosuojauksilla.

3.4 Lattiaviilennysjärjestelmästä saatava viilennysteho

Järjestelmän tuottamaan viilennystehoon vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi asennettavien putkien materiaali, putkien vesivirtaama, lattiapinnan materiaalin eristävyys ja veden sekä rakenteiden lämpötila. Taulukossa 1 nähdään

viilennystehojen vaihteluita muutamalla eri materiaalilla tarkasteltuna. Tehot on laskettu 20 mm:n lämmitysputkea käytettäessä. Putken koon vaikutus tehoon on hyvin pieni, jolloin tuloksia voidaan pitää riittävän tarkkoina, vaikka päädyttäisinkin tekemään työ pienemmällä putkikoolla. Putkistoon ajettavan veden lämpötila taulukon laskennassa on 18 °C, joka on alin lämpötila ennen kondensoitumisvaaraa. Lattiaviilennystä käytettäessä veden lämpötilaa ei pääsääntöisesti päästetä alle 20 °C:n. [12.]

Taulukko 1. Betonisen välipohjarakenteen viilennystehot. [12.]

Putki	k/k	Meno T°	Paluu T°	Huone T°	Teho lattia
<i>Muovimatto 5 mm</i>					
20 x 2	300 mm	18 °C	21 °C	26 °C	21 W/m ²
20 x 2	200 mm	18 °C		26 °C	17 W/m ²
<i>Parkettilattia 15 mm + Polyeteenikaivo 2 mm</i>					
20 x 2	300 mm	18 °C	21 °C	26 °C	17 W/m ²
<i>Laatta 10 mm</i>					
20 x 2	200 mm	18 °C	21 °C	26 °C	25 W/m ²

Tämän työn kohteena olevan rakennuksen viilennettävä pinta-ala on 86,4 m² ja asunnon lattiamateriaalina on laatta. Tämä tarkoittaa noin 2,1 kW:n saatavaa jäähdytystehoa taulukon 1 mukaan. Muiden taulukossa olevien materiaalien tehot jäisivät hieman pienemmiksi, mutta silti riittäviksi viilennystarpeen kannalta. Laatan putkijako on taulukossa 200 mm. Jos se toteutetaan harvemmallalla jaolla, teho laskee siinäkin hieman.

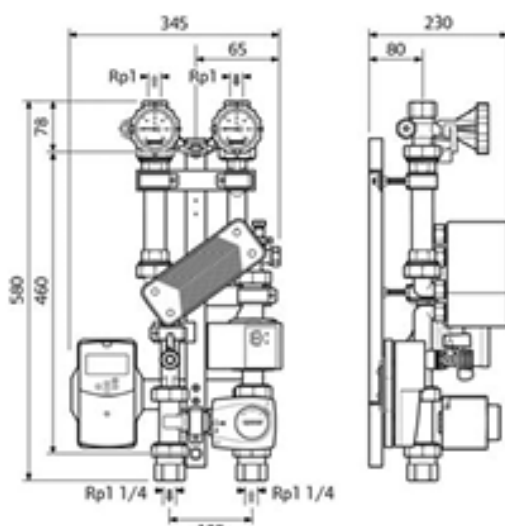
4 Lattiaviilennysjärjestelmien vertailu

Lattiaviilennysjärjestelmiä ei ole kuin muutamilla yrityksillä tarjonnassaan Suomen markkinoilla. Tähän vertailuun valittiin kolme järjestelmää. Vertailussa

keskitytään lattiaviilennyksen pumppuryhmään ja siihen kuuluviin varusteisiin. Järjestelmien varsinaiset lattialämmityspotket ja jakotukkien vertailut on jätetty vertailusta pois. Huonesäätimien vertailuja ei myöskään käsitellä, poikkeuksena Uponorin tuote, jossa ne kuuluvat pakettiin. Pumppuryhmillä saadaan lämmönvaihtimilla energiakaivon jäädytysenergia siirrettyä lämmitysverkostoon. Pumppuryhmiin kuuluvat lämmönvaihtimet, pumppu, vaihtoventtiilit toimilaitteineen ja tiedonsiirtoyksikkö.

4.1 Uponor Suomi Oy

Uponorin tarjonnasta löytyy lattiaviilennysjärjestelmä. Viilennys otetaan käyttöön lisäämällä helposti asennettava, kuvassa 6 oleva Uponor Fluvia Move EPG-6 -pumppuryhmä lattialämmitysjärjestelmään. [10.]



Kuva 6. Uponorin EPG-6 -pumppuryhmä [10.]

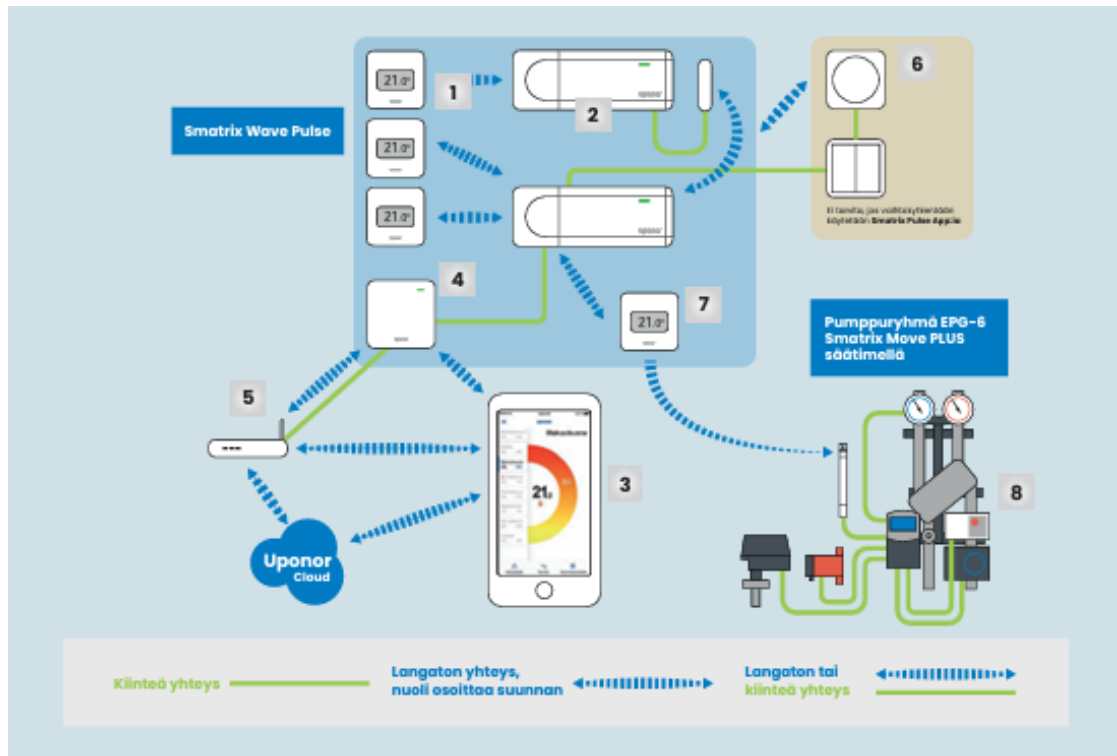
Pumppuryhmän lisäksi tarvitaan Smatrix Wave Pulse -säätöjärjestelmä, jolla ohjataan lattian lämmitystä sekä viilennystä. Säätöjärjestelmän etuna on automaattinen huoneen lämpötilan ja kosteuden valvonta, jonka voi liittää älypuheliin ja ohjaila laitetta etänä. [8.]

4.1.1 Sisältö ja ominaisuudet

Kyseessä olevaan pumppuryhmään kuuluu kiertovesipumppu, kolmitiesäätöventtiili, lämmönsiirrin ja menoveden lämpötilansäädin. Erikseen joudutaan hankkimaan toisiopiirin pumppu, jonka mitoittaa LVI-suunnittelija kohteisiin virtaaman ja painehäviöiden mukaisesti. Lisäksi viilennyksen vaihtventtiili on hankittava erikseen. Pumppuryhmän ja lämmönvaihtimen eristyksiä ei ole valmiiksi tehtynä, joten eristykset joudutaan tekemään erikseen järjestelmää asennettaessa. Järjestelmää on mahdollista saada yhtenäisemmäksi asentamalla toisiopiirin pumppu pumppuryhmän toisipuolelle lämmönvaihtimen yhteyteen. [10.]

4.1.2 Automatiikka

Kyseisen Uponorin tarjoaman lattiaviilennysjärjestelmän kanssa käytetään Uponor Smatrix Wave Pulse -säätöjärjestelmää, koska muiden toimijoiden järjestelmiä ja termostaatteja ei voida käyttää yhdessä. Kuvassa 7 oleva säätöjärjestelmä valvoo huoneiden lämpötiloja ja kosteusprosenttia automaattisesti huoneisiin asennettujen termostaattien avulla. Järjestelmää voidaan ohjata Uponor Smatrix Pulse App -sovelluksella. Sovellusta voidaan käyttää älypuhelimella. Sovellus mahdollistaa järjestelmän etäkäytön, mutta se vaatii erikseen hankittavan lisävarusteen R-208 Web -moduulin ja langattoman internetyhteyden asunnossa. [10.]



Kuva 7 Säättöjärjestelmän ohjaus. [10.]

Säättöjärjestelmään sisältyy R-208 Web -moduuli, langattomat huoneanturit T-169 ja T-161 ja keskusyksikkö X-265. Ilman lisäosia keskusyksikköön voidaan liittää kahdeksan termostaattia ja jakotukin piirejä kuusi. Termostaattien määrää voidaan nostaa neljällä ja jakotukin piirejä kahdeksalla käyttämällä lisäosaa M-262. Jos nämä piirimäärät ylittyvät tai jakotukkeja on enemmän, keskusyksiköitä joudutaan lisäämään. Jokainen jakotukki vaatii oman keskusyksikön. [10.]

Järjestelmään suositellaan lämmitys-viilennys-vaihtokytkimen asennusta. Kytkimellä saadaan järjestelmä manuaalisesti viilennykselle tai lämmitykselle. Järjestelmää vain ulkolämpötilan mukaan ohjaamalla ei huomata auringon säteilyn aiheuttamaa viilennystarvetta. Kylmemmästäkin ulkolämpötilasta huolimatta auringon säteily saattaa aiheuttaa viilennystarvetta, jolloin vaihtokytkin on hyväksytodettu ratkaisu. Kytkin asennetaan pääkeskusyksikköön tai huonetermostaattiin. [10.]

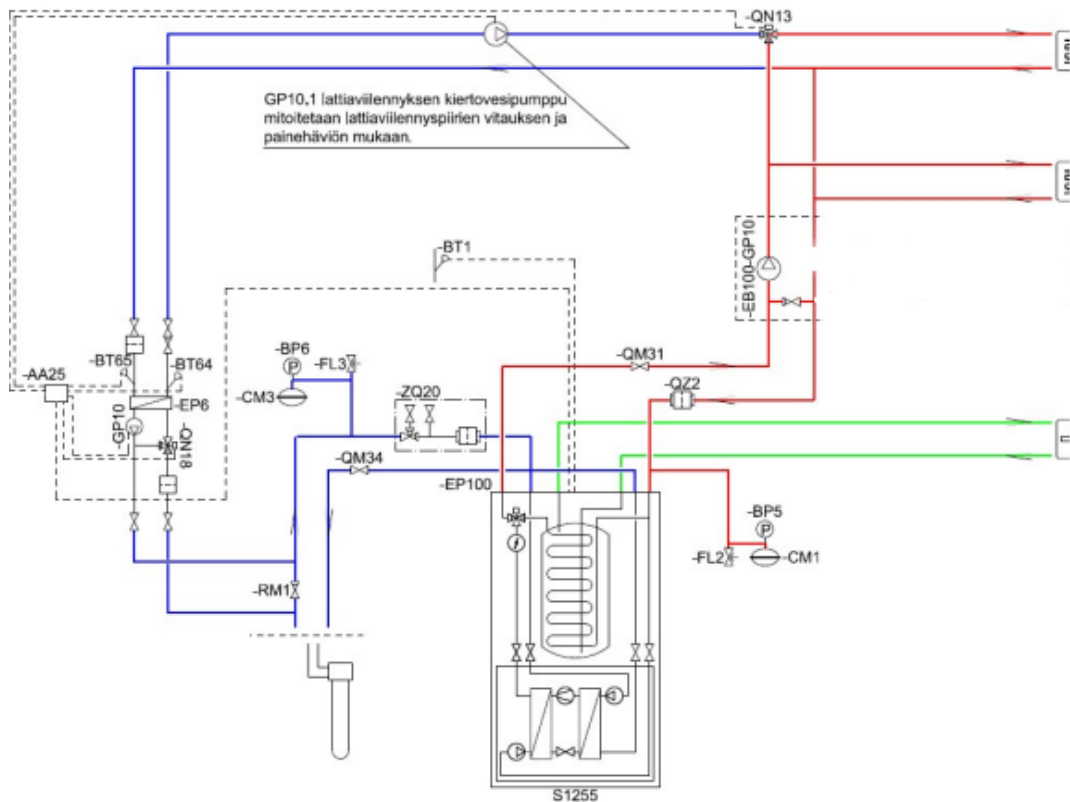
4.2 Nibe Energy Systems Oy

Nibe Energy Systems markkinoi lattiaviilennyssarjaa lisävarusteena omiin maalämpöpumppuihin. Viilennyssarja asennetaan lämmönkeruupiiriin, jolloin viilennyksen syöttö toimii kiertopumpun ja kolmitiesäätöventtiilin kautta. [14.]

4.2.1 Sisältö ja ominaisuudet

Lattiaviilennys tuotetaan maalämpöpumpun avulla. Tämän paketin toimitussisältöön kuuluu AXC-moduuli, kiertovesipumppu, kolmitiesäätöventtiili ja vaihtventtiili toimilaitteella ja lämmönsiirrin. Mukana ei tule toisiopuolen kiertovesipumpua, joka mitoitetaan kohteeseen erikseen tarpeen mukaan. Kyseinen sarja sopii valmistajan lämpöpumppumalleihin S1155/S1255, F1155/F1255 ja F1145/F1245. [14.]

Lattiaviilennyssarja kytketään kaivosta tulevaan putkeen (kuva 8). Liitoksien väliin asennetaan yksisuuntaventtiili estämään kierto kaivon ohi maalämpöpumpun ollessa pysähdyksissä. Maalämpöjärjestelmän liuospiiriin viilennyslaitteita liitettäessä järjestelmään tulee lisätä paisunta-astia suuremman lämpötilavaihtelun takia. [14.]



Kuva 8. Viilennyssarjan kytkentäperiaate maalämpöjärjestelmään. [14.]

Kiertovesipumppu on maalämpöpumppuun integroituna, jolloin kuvan 8 kytkentäkaavion mukaista kiertovesipumppu ei ole tarpeellinen pienissä tai keskisuurissa omakotitaloissa. Suuremmissa omakotitaloissa lisäpumppua on syytä harkita.

4.2.2 Automatiikka

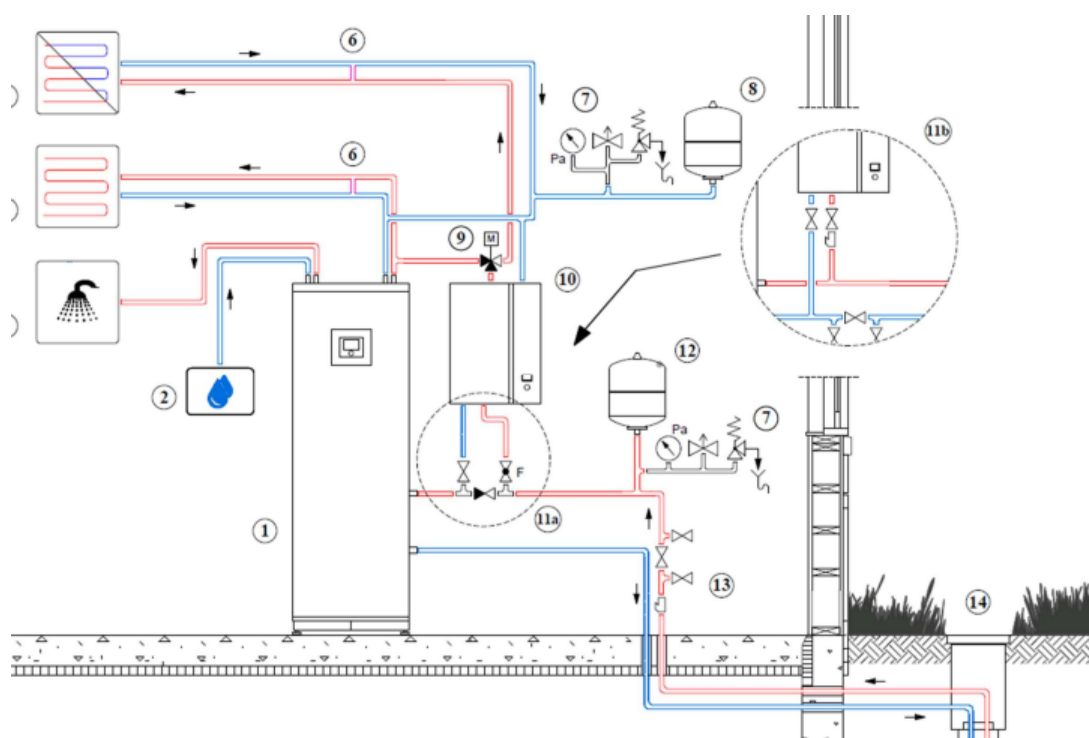
Lattiaviilennysjärjestelmän ohjaus tapahtuu maalämpöpumpun kautta, minkä takia järjestelmä on yhteensopiva vain aiemmin mainittujen Niben lämpöpumppujen kanssa. Nibeltä on saatavilla THS 10 ja HTS 40 lisävarusteet huoneiden lämpötilojen säätöön ja seurantaan. THS 10 on anturi, jolla voi langattomasti

seurata asunnon kosteutta ja lämpötilaa sovelluksen tai nettisivun kautta. Näiden kautta voi myös vaihtaa lämpöpumpun asetuksia. HTS 40 on johdollinen anturi, joka toimii samaan tapaan THS 10 huoneanturin kanssa. Kyseiset anturit ovat kuitenkin myös korvattavissa muilla markkinoilla olevilla huoneantureilla. Viilennyksen menoveden asetuskäyrä on asetettu vakiona 18 °C:seen, jota viileämpää vettä ei saa verkostoon ajaa kondensoitumisriskin takia. Lattialämmitysjakotukkien toimilaitteita ei saa Nibeltä, vaan ne jäävät asiakkaan erikseen hankittaviksi esimerkiksi lattialämmitysjärjestelmän mukana. [14.]

4.3 CoolDownCrew

CoolDownCrew tarjoaa Lavi Cool -viilennysjärjestelmää omakotitaloihin. Lavi Cool -järjestelmä sopii uudis- ja saneerauskohteisiin, koska se voidaan liittää mihin tahansa lattialämmitysjärjestelmään toimittajasta tai valmistajasta riippumatta. Kyseisen yrityksen laitteiden kokoonpano sijaitsee Suomessa ja komponentit tulevat ulkomailta. [15.]

Kuten tavallista pumppuryhmissä, Lavi Cool -järjestelmä kytketään ennen maalämpöpumppua maalämpöpiirin menoputkeen. Kuvassa 9 on kyseisen järjestelmän kytkentäkaavio. Kytkentäkaaviosta nähdään sen olevan samankaltainen kuin yleisesti muidenkin toimittajien järjestelmissä. Asennusvaiheessa helpottaa se, että lattiaviilennyspiirin pumppu on valmiiksi laitteen sisällä. Putkikytkentöjen kooksi suositellaan kokoa DN 20. Ohituslenkit vaaditaan tehtäviksi lattialämmityksen jakotukkeihin tai runkoihin, jotta taataan kiertovesipumpun pumppaus vapaasti toimilaitteiden ollessa kytkettynä. [16.]



Kuva 9. Lavi Coolin kytkentäkaavio. [16.]

4.3.1 Sisältö ja ominaisuudet

Poiketen muista valmistajista, järjestelmä sisältää myös toisiopiirin kiertove-sipumpun. Kuvan 9 kytkentäkaaviossa järjestelmä on esitettyinä ja kuvasta näh-dään putkiliitäntöjen tulevan ulos. Liitäntöihin voidaan liittää lattialämmitysver-koston ja keruupiirin putket, joihin asennetaan pakettiin kuuluvat vaihtventtiili viilennyksen ja lämmityksen ohjaukseen. Eristykset on tehty kotelon sisällä ole-ville varusteille ja siirtimelle, jotka muissa vertailtavissa paketeissa on jätetty asentajien tehtäväksi työmaalla. [16.]

4.3.2 Automaatiikka

Järjestelmän ohjauksessa käytettävää keskusyksikköä ei saada pumppuryhmä-paketin mukana. Toimittajan tarjonnasta löytyy toimilaitteita ja huonesäätimiä, mutta ne voidaan hankkia muualtakin. Muualta hankittaessa saadaan paras mahdollinen hinta ja voidaan säästää hieman.

4.4 Viilennysjärjestelmien vertailu

Järjestelmien vertailuun on taulukko liitteessä 1. Taulukossa esitetään järjestelmien sisältöä, ominaisuuksia ja hintoja sekä hieman huomioita. Sisällöltään järjestelmät ovat hyvin samanlaisia ja niissä on vain pieniä eroja. Samankaltaisuus helpottaa järjestelmien vertailua keskenään. Niben lattiaviilennysjärjestelmän riippuvuus maalämpöpumpun mallista ja Uponorin järjestelmän riippuvuus lattialämmitysjärjestelmästä toimilaitteineen rajaa muiden laitevalintojen joustavuutta. Lavi Coolin markkinoima järjestelmä sen sijaan ei ole riippuvainen maalämpöpumpun mallista eikä lattialämmitysjärjestelmästä, vaan voidaan yhdistää minkä merkkisen tai mallisen järjestelmän kanssa tahansa yhteen. Taulukossa vertailaan järjestelmäpakettien sisältöjä, riippuvuutta muihin järjestelmiin, liitettävyyttä rakennuksen automaatio järjestelmään, kokonaishintaa välttämättömine lisävarusteineen ja toimitusaikoja. Myös joitain muita huomioita laitteen hankintaan liittyen.

4.5 Lattiaviilennyslaitteen toimittajan valinta

Laitetoimittajan valinnassa kriteereinä ovat hinta ja toimiva kokonaisuus. Kokonaisuuteen vaikuttavia tekijöitä pumppuryhmän lisäksi ovat maalämpöpumppu ja lattialämmitysjärjestelmä laitteineen ja termostaatteineen. Järjestelmien asennuskustannukset on oletettu yhtä suuriksi laitetoimittajasta riippumatta, joten niitä ei ole tarvinnut huomioida toimittajan valinnassa. Liitteen 1 taulukossa olevat hinnat on saatu urakoitsijan kautta ja ovat pyöristettynä kymmenien eurojen tarkkuudelle.

Eri laitetoimittajien laitteissa on etuja ja haittoja. Uponorin lattiaviilennysjärjestelmän eduiksi havaittiin lattialämmitys- ja viilennysjärjestelmän sekä kaikkien siihen liittyvien tarvikkeiden saanti samalta toimittajalta. Yritys on myös kotimainen. Haittoina sen sijaan nähdään automaatiojärjestelmän monimutkaisuus omakotitalon tarpeisiin. Myös järjestelmän ja huonetermostaattien hinnat ovat hieman muita korkeammalla.

Niben lattiaviilennysjärjestelmän etuja ovat lattiaviilennysjärjestelmän edullinen hinta sekä ohjaus maalämpöpumpun kautta. Haittapuoleksi havaittiin järjestelmän riippuvuus Niben omasta maalämpöpumpusta, joka ei ole markkinoiden edullisin. Tämä vaikeuttaa laitteiden kilpailutusta ja kilpailukykyisimmän hinnan saamista kokonaisuudelle.

Lavi Coolin tuotteen havaittuja etuja ovat sen yhteensopivuus kaikkien järjestelmien kanssa, laitteen etukäteen tehdyt koteloinnit ja eristykset. Lisäksi järjestelmä on yksinkertainen ja selkeine ohjeineen. Haittapuoleksi todettiin tämän vertailun korkein hinta.

Vertailun tuloksena kohteeseen valitaan Lavi Coolin viilennysjärjestelmä. Järjestelmä vertailutaulukossa on kallein, mutta sen yhteensopivuus muiden järjestelmien kanssa mahdollistaa maalämpöpumpun ja lattialämmitysjärjestelmän vapaan valinnan ja kilpailutuksen. Esimerkiksi Niben maalämpöpumppu on noin neljäosan kalliimpi vastaaviin kilpailevien toimittajien tuotteisiin verrattaessa, jolloin vertailun halvimmasta tuotteesta tulee selkeästi hintavampi, koska pumppua ei voida hankkia muualta yhteensopimattomuuden takia. Yksittäisen tuotevertailun perusteella myös Uponorin lattialämmitysjärjestelmän osat ovat noin 25—40 % kalliimpia, kuin vastaavat kilpailijoiden tuotteet. Vertailussa hintojen ollessa suhteellisen pienellä erotuksella edellä mainitut asiat huomioon ottaen kallein järjestelmä on oikeastaan edullisin. Myös yhteensopivuus ja vapaa kilpailutus puoltavat Lavi Coolin valintaa.

5 Johtopäätökset

Tämän työn tavoitteena oli perehtyä markkinoilla oleviin omakotitalojen lattiaviilennyksen pumppuryhmiin ja tehdä laitevalinta Nurmijärvelle rakennettavaan omakotitaloon. Valinnan tarkoituksena oli saavuttaa kustannustehokkuutta laadusta tinkimättä. Lattiaviilennyslaitteet on suhteellisen vähäisesti asennettu ja tunnettu asuntojen viilennysmuoto eikä ole saavuttanut pientalorakentamisessa suosiota. Työn aikana on löytynyt sille mahdollinen selitys. Hankintahinnat lattiaviilennysjärjestelmissä asennettuna ovat suuremmat kuin muissa työssä

käsitellyissä viilennysratkaisuissa. Maaviileään liitetyllä jäähdytyskonvektorilla päästään käyttökustannuksissa suunnilleen samaan hintaluokkaan, mutta tuloilman viilennyksen ja asennuksen kanssa lattiaviilennys on kalliimpi ratkaisu. Lattiaviilennys ei kuivata ilmaa ja sen takia tuloilman on oltava viileää. Viilennetty tuloilma edellyttää tuloilmakanaviston eristämisen lämpöeristämisen lisäksi kondensoitumisen estämiseksi, mikä nostaa kustannuksia. Jäähdytyskonvektori puolestaan kuivaa ilmaa, jolloin tuloilman viilennys ei ole välttämätön. Viilennysteholtaan jäähdytyskonvektorilla päästään samoihin lukemiin lattiaviilennyksen kanssa, mutta viilennys ei jakaudu rakennuksessa tasaisesti. Lattiaviilennyksellä saadaan vedoton ja huomaamaton viilennys, jolloin järjestelmää voidaan perustella parempaa laatutasoa vaativille rakentajille tai asunnonhankkijoille.

Työssä valitun Lavi Coolin pumppuryhmän suurin etu on riippumattomuus lämmitysjärjestelmän muista osista, jolloin lattialämmityksen ja maalämpöpumpun valinnat pystytään nyt tekemään ja kilpailuttamaan vapaasti merkeistä riippumatta, jolloin saadaan paljon enemmän valinnanvaraa parhaan hinnan löytymiseksi. Tämä riippumattomuus takaa talotekniikan laitehankinnoissa edullisimman lopputuloksen kokonaiskustannuksien kannalta.

Lähteet

- 1 Helletilastot. Verkkoaineisto. Ilmatieteenlaitos. <<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/helletilastot>>. Luettu 10.3.2024.
- 2 Rakennusten kosteusvauriot ja yllämpeneminen muuttuvassa ilmastossa. Verkkoaineisto. Valtioneuvosto. <julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164539/VN_TEAS_2023_2.pdf?sequence=1> Luettu 10.3.2024.
- 3 Kesähelteiden lämpöpiikit hallintaan. Verkkoaineisto. Uponor. <<https://www.uponor.com/fi-fi/kesahelteiden-lampopiikit-hallintaan-lattiaviilennys-tutuksi!>> Luettu 5.5.2024.
- 4 Miten ilmalämpöpumppu toimii? Verkkoaineisto. Scanoffice. <<https://scanoffice.fi/ilmalampopumput/opas/mika-on-ilmalampopumppu/miten-ilmalampopumppu-toimii/>>. Luettu 12.3.2024.
- 5 Ilmalämpöpumppu. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologia/ilmalampopumppu>. Luettu 12.3.2024.
- 6 Onko ilmalämpöpumpulla jäähdyttäminen kallista ja sähköntuhlausta? Verkkoaineisto. Vattenfall. <<https://www.vattenfall.fi/energianeuvonta/alykkaasti-kotona/ilmalampopumpulla-jaahdyttaminen/>>. Luettu 13.3.2024.
- 7 Energiatehokkaat korjausrakentamisen ratkaisut. Verkkoaineisto. Talotekniikkainfo. <<https://talotekniikkainfo.fi/ratkaisut-etusivu/omakotitalon-viilennys>>. Luettu 14.3.2024.
- 8 Energiatehokas tuloilman viilennys. Verkkoaineisto. Energiatehokas koti. <https://www.energiatehokaskoti.fi/perustietoa/miten_tehdaan_energiatehokas_koti/energiatehokas_ilmanvaihto_ja_jaahdytys/energiatehokas_tuloilman_viilennys> Luettu 6.5.2024.
- 9 Puhallinkonvektorit. Verkkoaineisto. Biottori. <biottori.fi/tuoteryhma/puhallinkonvektorit>. Luettu 14.3.2024.
- 10 Vesikiertoinen lattialämmitys ja -viilennys. Verkkoaineisto. Uponor. <<https://www.uponor.com/fi-fi/tuotejarjestelmat/lattialammitys-viilennys>>. Luettu 15.3.2024.

- 11 Aurinkosuojaus. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/energiatehokas_taloyhtio/taloautomaatio/aurinkosuojaus>. Luettu 15.3.2024.
- 12 Tekninen lattiaviilennysopas. Verkkoaineisto. Cooldowncrew. <<https://cooldowncrew.fi/wp-content/uploads/2022/05/Lattiaviilennysopas.pdf>>. Luettu 16.3.2024.
- 13 Lattialämmitys- ja viilennysratkaisut kerrostaloissa. Verkkoaineisto. Uponor. <<https://www.uponor.com/getmedia/89c52ac3-b220-4d7c-bf15-85e6a932dd18/uponor-ll-lv-ratkaisut-kerrostaloissa-kasikir?sitename=Finland&disposition=attachment>>. Luettu 17.3.2024
- 14 Lattiaviilennysarjan asennusohje. Verkkoaineisto. Nibe. <<https://www.uponor.com/getmedia/89c52ac3-b220-4d7c-bf15-85e6a932dd18/uponor-ll-lv-ratkaisut-kerrostaloissa-kasikir?sitename=Finland&disposition=attachment>>. Luettu 18.3.2024
- 15 Lavi Cool lattiaviilennys. Verkkosivu. Cooldowncrew. <<https://cooldowncrew.fi/>>. Luettu 19.3.2024
- 16 Tekninen lattiaviilennysopas. Verkkoaineisto. Cooldowncrew. <<https://cooldowncrew.fi/wp-content/uploads/2022/05/Lattiaviilennysopas.pdf>>. Luettu 19.3.2024.

Lattiaviilennyslaitteiden vertailutaulukko

Taulukossa vertailtavat järjestelmät, sisällöt ja hinnat.

Toimituksen sisältö	Uponor EPG-6	Nibe lattaviilennysjärja	Lavi Cool
Lämmönvaihdin	•	•	•
Shunttiventtiili toimilaitteella	•	•	•
Vaihtovernttiili toimilaitteella	•	•	•
Kiertovesipumppu (ensio)	•	•	•
Kiertovesipumppu (toisio)	•	•	•
Automaatiomoduli	•	•	•
Tarvitavat anturit	•	•	•
Pumppuryhmän eristys			•
Riippuvuus muihin järjestelmiin	Uponorin lattialämmitysjärjestelmä	Niben maalämpöpumppu	Ei riippuvuutta
Ohjaustapa	Puhelin sovelluksella	Maalämpöpumppulla / puhelinsovelluksella	Litettävissä kaikkiin järjestelmiin
Lämmönsiirtimeen teho (kW)	6	6	6
Hinnat (alv 0 %)			
Pumppuryhmä	1400	1400	2000
Lisävarusteet	200	0	340
Kiertovesipumppu (toisio)	285	285	sisältyy toimitukseen
Kokonaisihinta	1885	1685	2340
Toimitusaika	8-10 vk	8-10 vk	1 vk
Muita huomioita	Riippuvainen Niben maalämpöpumpusta, toimitusajat tällä hetkellä pitkät	Kokonaisihintaan huomioitava Uponorin lattialämmitysjärjestelmä toimilaitteineen ja termostaattineen, jotka eivät markkinoiden edullisimpia	