

HUONESÄÄTIMET

Iina Autio

Opinnäytetyö
Joulukuu 2013

Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Tekniikan ja liikenteen ala



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Tekijä(t) AUTIO, Iina	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 13.12.2013
	Sivumäärä 40	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus () saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi HUONESÄÄTIMET		
Koulutusohjelma Automaatiotekniikka, Tekniikka ja Liikenne		
Työn ohjaaja(t) SELOSMAA, Seppo		
Toimeksiantajat) HK Instruments Oy, Petri Hakkarainen		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Muuramessa sijaitseva painemittauslaitteiden valmistukseen erikoistunut HK Instruments Oy. Yrityksen valmistamia laitteita käytetään rakennusten ilmastointijärjestelmissä ja rakennusautomaatioratkaisuissa.</p> <p>Tässä opinnäytetyössä käsitellään rakennusten olosuhteiden säätöä. Lämpötila, ilmanlaatu, ääniolosuhteet ja valaistus ovat keskeiset parametrit, joita rakennuksissa ja huoneistoissa yleisesti ottaen säädetään. Erilaisia tiloja, joiden olosuhteita halutaan säätää, on useita, siksi työssä perehdytään myös näihin toisistaan poikkeaviin huonetiloihin sekä niiden vaatimuksiin. Parametrit, joita työssä käsitellään, ovat peräisin Ympäristöministeriön laatimasta, Suomen rakentamismääräyskokoelman D2- osiosta, Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Kyseinen osio on yksi tärkeimmistä työssä käytetyistä lähteistä.</p> <p>Talotekniikalla käsitteenä tarkoitetaan rakennuksen kaikkia teknisiä järjestelmiä, laitteita ja palveluita. Se on kokonaisuus, joka luo kiinteistöissä tapahtuville toiminnolle olosuhteet. Työssä selvitetään mitä kuuluu talotekniikan piiriin ja mikä on säätötekniikan tehtävä kiinteistössä.</p> <p>LVI-tekniikka koostuu lämmitys-, vesi- ja viemärinti- sekä ilmanvaihtojärjestelmistä. Sen tarkoituksena on sopivan sisäilmaston ja sisäolosuhteiden luominen tilojen käyttäjille. LVI-tekniikan ratkaisuilla on suuri merkitys ajatellen rakennusten olosuhteiden säätöä, siksi työssä pureudutaan myös erilaisiin lämmitys- ja ilmastointijärjestelmiin.</p> <p>Työn loppupuolella perehdytään markkinoiden tarjoamiin huonesäätimiin. Tarkasteluun valikoitui seitsemän erilaista säädintä. Työssä esitellään niiden käyttökohteita, tekniikkaa ja toimintaa.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Olosuhdeparametrit, LVI-järjestelmät, huonesäätimet		
Muut tiedot		



Author(s) AUTIO, Iina	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 13.12.2013
	Pages 40	Language Finnish
	Confidential () Until	Permission for web publication (X)
Title ROOM CONTROLLERS		
Automation Engineering		
Tutor(s) SELOSMAA, Seppo		
Assigned by HK Instruments Oy, Petri Hakkarainen		
Abstract <p>This study was made for the company called HK Instruments. It is located in Muurame. The company specializes in the manufacture of pressure measuring devices. These devices are used in air-conditioning systems and automation solutions.</p> <p>This study describes the adjustment of conditions in buildings. The key parameters, which are usually adjusted, are temperature, air condition, sound and lighting conditions. There are several different spaces the conditions of which are to be adjusted. Therefore this work also introduces these divergent room facilities, as well as their requirements. Parameters that this study discusses are from the Ministry of Environment Finnish building Code Section D2, indoor climate and ventilation. This section is one of the main sources used in this work.</p> <p>Building service engineering as a concept refers to all technical systems, equipment and services of the building. It is an entity that creates environment to buildings functions. This study describes what the building services engineering consist of and what the function of process control in buildings is.</p> <p>HVAC technology consists of heating, water, drainage and air condition systems. Its purpose is to create suitable indoor climate and conditions. HVAC technology solutions have a great significance for the controlling of the conditions in the buildings. That is why this work addresses also different kind on heating and air conditioning systems.</p> <p>Towards the end the work focuses on different kinds of room controllers. Seven different controllers were selected. This study presents the use, technology and function of these controls.</p>		
Keywords		
Miscellaneous		

Sisältö

1	JOHDANTO	5
1.1	Toimeksiantaja.....	5
1.1.1	Tuotteet.....	6
1.2	Tehtävän määrittely	11
2	RAKENNUSTEN OLOSUHTEIDEN SÄÄTÖ	11
2.1	Säädettävät parametrit	13
2.1.1	Lämpötila	13
2.1.2	Ilmanlaatu.....	14
2.1.3	Ääniolosuhteet	16
2.1.4	Valaistus	17
2.2	Parametrien mittaus	17
2.3	Tilat, joiden olosuhteita halutaan säätää.....	18
2.4	Säätötekniikka talotekniikassa	20
3	LVI-JÄRJESTELMÄT JA SUUNNITTELUTYÖ	22
3.1	Lämmitys	22
3.2	Vesi ja viemärointi.....	25
3.3	Ilmastointi.....	25
4	MARKKINOILLA OLEVAT HUONESÄÄTIMET	28
4.1	Produal Oy	28
4.1.1	HLS 16.....	28
4.1.2	HLS 21 ja HLS 21-EXT	29
4.1.3	HLS 33 ja HLS 33-EXT	30
4.1.4	HLS 34.....	30
4.1.5	HLS 35.....	31
4.1.6	HLS 44-V	32
4.1.7	HS 2.2	32
5	TYÖN TOTEUTUS JA LOPPUPÄÄTELMÄT	33
	LÄHTEET	35

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käsitellään rakennusten olosuhteiden säätöä. Rakennusten olosuhteiden säätöön päästään käsiksi miettimällä minkälaisia parametreja rakennuksissa ja huoneistoissa yleisesti ottaen voidaan säätää. Erilaisia tiloja, joiden olosuhteita halutaan säätää, on lukuisia, siksi työssä pureudutaan näihin toisistaan poikkeaviin huonetiloihin sekä niiden vaatimuksiin. Lämpötilasta, ilmanlaadusta, ääniolosuhteista ja valaistuksesta koostuu rakennuksen sisäilmasto. Nämä parametrit, joita työssä käsitellään ja joista rakennusten sisäilma koostuu, ovat peräisin Ympäristöministeriön laatimasta D2 Suomen rakentamismääräyskokoelmasta.

Työssä selvitetään käsitteentasolla mitä tarkoitetaan säätötekniikalla sekä talotekniikalla, pohditaan säätötekniikan ratkaisuja talotekniikassa sekä mietitään säätöautomaatiikan tehtäviä kiinteistössä. Omassa kappaleessaan perehdytään LVI-tekniikan osa-alueisiin. LVI-tekniikan osalta työssä keskitytään lämmitys- sekä ilmastointijärjestelmiin ja niiden valintaan sekä laiteratkaisuihin erilaisissa kohteissa.

Työn loppupuolella vertaillaan markkinoilta löytyviä huonesäätimiä. Tarkemman perehtymisen kohteeksi valikoitui Pro dual Oy:n kattava huonesäädinten valikoima. Työssä tehdään heidän säätimistään luokittelua, vertaillaan ja perehdytään kyseisen valmistajan säätimien ominaisuuksiin ja toiminnallisuuksiin.

1.1 Toimeksiantaja

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Muuramessa sijaitseva painemittauslaitteiden valmistukseen erikoistunut HK Instruments Oy. Heikki Kalliomäki perusti omaa nimeään kantavan yrityksen vuonna 1987. Hän on toiminut yrityksen toimitusjohtajana HK Instrumentsin alkuvuosista saakka. HK Instruments on perheyritys, jossa työskentelee 34 vakituista työntekijää toimitusjohtajan lisäksi. Yrityksessä työskennellään tuotekehityksessä, myynnissä, tuotannossa ja pakkauksessa. Näiden lisäksi logistiikasta vastaa yksi henkilö ja sihteerin töitä tekee kaksi henkilöä. Tuotannossa ja

pakkauksessa työskentelee yhteensä 20 henkilöä ja toimihenkilöiksi lukeutuvia yrityksessä on kaiken kaikkiaan 15.

Yrityksen liikevaihto on ollut koko 2000-luvun tasaisessa kasvusuhdanteessa, lukuun ottamatta tuloksellisesti hiukan heikompaa vuotta 2009. Vuoden 2012 liikevaihdoksi muodostui 5,1 miljoonaa euroa. Suomen Asiakastieto palkitsi HK Instruments Oy:n vuoden 2012 Keski-Suomen Vahvimpana yrityksenä. Yrityksen liikevaihdosta noin 85 % koostuu viennistä, jota tehdään yli 45 maahan. Tärkeimpiä vientimaita ovat mm. Venäjä, Ruotsi ja Saksa. HK Instruments avasi myyntikonttorin Atlantaan Yhdysvaltoihin vuoden 2011 lopulla, tarkoituksena on levittäytyä myös USA:n markkinoille.

1.1.1 Tuotteet

HK Instruments kehittää, valmistaa, markkinoi ja myy painemittauslaitteita. Laitteita käytetään rakennusten ilmastointijärjestelmissä ja rakennusautomaatioratkaisuissa. Tällä hetkellä yritys valmistaa viittä eri päätuoteryhmää:

- Paine-erokytkimiä (Differential Pressure Switch = PS)
- Kalvotoimisia paine-eromittaritareita (Differential Pressure Gauge = DPG)
- Paine-erolähettämiä (Differential Pressure Transmitter = DPT)
- Ilmantilavuusvirtaus- ja nopeusmittaritareita (Differential Pressure Transmitter Flow = DPT-Flow)
- Manometrejä

Paine-erokytkimiä käytetään esimerkiksi suodattimien, ilmanvaihtokoneiden, kana-
vapaineiden sekä puhaltimien paineen valvonnassa. (HK Instruments Oy, Paine-
erokytkimet.)



KUVIO 1. Paine-erokytkin (PS)

Kalvotoiminen paine-eromittari soveltuu parhaiten puhdastilojen ja vetokaappien paine-eron mittaukseen sekä ilmastointisuodattimien ja puhaltimien paine-eromittariksi. Sitä käytetään ilman ja neutraalien kaasujen mittaukseen. (HK Instruments Oy, Kalvotoimiset paine-eromittarit.)



KUVIO 2. Kalvotoiminen paine-eromittari (DPG)

Myös paine-erolähetin soveltuu ilman ja neutraalien kaasujen pienten ylipaineiden, alipaineiden ja paine-erojen mittaukseen. Sitä käytetään suodatinvonnassa ja puhaltimien painesäädöissä. Lähetinvalikoimasta löytyy 2-johdinvirtaviestilähtettä, 3-johdin jännite- ja virtaviestilähtettä sekä Modbus-väylään sopivia lähtettä. HK

Instruments valmistaa myös puhdastiloihin ja sairaalaympäristöihin soveltuvaa DPT-Span lähetinmallia. Tämän paine-erolähtetimen tekee erityisen tarkaksi sen kalibrointimahdollisuudet, se voidaan kalibroida sekä nolla- että yläpisteen kohdalta. (HK Instruments Oy, Paine-erolähtetimet; HK Instruments Oy, Paine-eromittari yläpisteen säädöllä.)



KUVIO 3. Paine-erolähetin (DPT)

Ilman tilavuusvirtaus- ja nopeusmittari on suunniteltu käytettäväksi yleisimpien radiaalipuhaltimien kanssa. DPT-Flow näyttää halutun puhaltimen ja virtauksen kätevästi mittarin näytöllä. (HK Instruments Oy, Flow meter for fun control.)



KUVIO 4. Ilman tilavuusvirtaus- ja nopeusmittari (DPT-Flow)

Kaikkia lähetinmalleja on mahdollista saada joko näytöllä tai ilman. Lähettimiin on myös saatavissa lisäominaisuutena automaattinen nollapisteen kalibrointi, mikä helpottaa entisestään lähettimien käytettävyyttä. Automaattinollaus poistaa manuaalisesti suoritettavan kalibroinnin tarpeen.

Nestemanometrit soveltuvat parhaiten ilmastointisuodattimien likaantumisen tarkkailuun. Yritys valmistaa kolmea erilaista manometrimallia. Vinoputkimanometrit sopivat peruskäyttöön, pystyputkimanometrit suurille paineille ja U-putkimanometrit pienille paineille. (HK Instruments Oy, Nestemanometrit.)



KUVIO 5. U-putkimanometri

Tuotevalikoimaan kuuluvat myös manometri/PS- sekä DPG-PS- yhdistelmät. Jokaisen tuotteen osalta valmistetaan eri malleja ja eri painealueelle soveltuvia tuotteita. Kaikkia tuotteita on mahdollista kustomoida asiakkaiden tarpeiden ja toiveiden mukaisesti. HK Instruments myös jälleenmyy rakennusautomaatioon suunnattuja tuotteita.



KUVIO 6. Manometri/PS- yhdistelmä

Ilman virtauslähetin (Air Velocity Transmitter = AVT), elektroninen paine-erokytkin (Differential Pressure Indicator = DPI), hiilimonoksidilähetin (Carbon Monoxide Transmitter = CMT) ja kosteuden sekä lämpötilan mittaamiseen ja tarkkailuun tarkoitettu kosteuslähetin (RHT) ovat yrityksen viimeisimpiä tuotteita. Ilman virtauslähetin-

tä käytetään virtausnopeuden ja lämpötilan mittaamiseen ilmastointikanavissa. Elektroninen paine-erokytkin soveltuu rakennusautomaatio-, ilmastointi- ja puhdistilasovelluksiin. Hiilimonoksidilähetintä käytetään kyseisen kaasun havaitsemiseen tiloissa joissa sitä esiintyy, esimerkiksi parkkihalleissa, autotalleissa, varastoissa ja tehtailla. Kosteuslähetintä on mahdollista saada kanavamallina, jota käytetään ilmanvaihtokanavissa tai sitten perusmallina, jota puolestaan käytetään huonetiloissa suhteellisen kosteuden mittaamiseen. Molemmat mallit on mahdollista saada myös lämpötilanmittauselementillä varustettuna. (HK Instruments Oy, Ilman virtauslähetin; HK Instruments Oy, Elektroninen paine-erokytkin; HK Instruments Oy, Hiilimonoksidilähetin.)



KUVIO 6. Elektroninen paine-erokytkin (DPI)



KUVIO 7. Kosteuslähetin (RHT)

1.2 Tehtävän määrittely

Tehtävänä oli perehtyä rakennusten olosuhteiden säätöön tutustumalla Suomen rakentamismääräyskokoelman D2 osioon Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, miettiä parametreja, joita halutaan säätää erilaisissa tiloissa sekä pohtia säätötekniikan osuutta talotekniikassa. Tarkoituksena oli perehtyä LVI-suunnittelutyöhön, mahdollisesti jopa päästä tekemään haastattelua suunnittelutoimistoon.

Tehtävän määrittelyn mukaan, tarkoitus oli tehdä vertailua ja luokittelua markkinoilla olevista huonesäätimistä, miettiä mitä ominaisuuksia vaatii erilaisten huonetilojen olosuhteiden säätäminen ja millä markkinoiden tarjoamilla laitteilla voidaan mitään säätöjä tehdä.

2 RAKENNUSTEN OLOSUHTEIDEN SÄÄTÖ

Ympäristöministeriö on laatinut rakennusten sisäilmastoa ja ilmanvaihtoa koskevat määräykset ja ohjeet maaliskuussa 2011. Heinäkuussa 2012 nämä asetukset ovat tulleet voimaan ja ovat voimassa aina siihen saakka, kunnes uudet määräykset ja ohjeet laaditaan. Niiden tarkoituksena on taata kaikille käyttäjille terveellinen, viihtyisä ja turvallinen sisäilmasto. Suomen rakentamismääräyskokoelman D2 osiossa Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet on eroteltu kirjasi-koolla. Määräykset on kirjoitettu isommalla fontilla kuin ohjeet. Määräykset ovat velvoittavia, ohjeiden osalta muitakin ratkaisuja on sallittua käyttää, kuin mitä ohjeissa ehdotetaan, kunhan ne täyttävät rakentamiselle asetetut vaatimukset. Laaditut määräykset ja ohjeet koskevat uusia rakennuksia, mutta niitä sovelletaan myös korjausrakentamiseen. (Suomen rakentamismääräyskokoelma 2012, 1-2,5.) Tämän työn seuraavissa kappaleissa, käyttäessäni lähteenä rakentamismääräyskokoelman D2 osiota, olen erottanut määräykset ja ohjeet kirjoittamalla aina kappaleeseen kummas- ta on kyse.

Rakennusten olosuhteita säädetään, jotta tiloja käytävillä ihmisillä olisi mahdollisimman viihtyisä ja terveellinen ympäristö työskentelyyn, opiskeluun, harrastami-

seen tai lepäämiseen, oikeastaan mihin tahansa aktiviteettiin tilassa kuin tilassa. Ympäristöministeriön määräyksiin ja ohjeisiin nojaten voidaan todeta, että laadukas sisäilmasto rakentuu lämpötilasta, ilmanlaadusta, ääniosuhteista ja valaistuksesta. Ilmanvaihtojärjestelmä on myös osa viihtyisää sisäilmastoa ja osaltaan luo edellytykset sen ylläpitämiseen toiminnallaan. (Suomen rakentamismääräyskokoelma 2012, 5-9.)

Seuraavissa kappaleissa perehdytään sisäilman rakennuspalikoihin, keskittymättä vielä tässä vaiheessa työtä ilmanvaihtoon tai ilmastointiin, tai niiden osuuteen terveellisen sisäilmaston luomisessa käyttäjälle. Ihmiset viettävät noin 90 % ajastaan sisätiloissa, siksi sisäilman laatu on ihmisille erittäin tärkeää, ulkoilman laatuakin tärkeämpää.

2.1 Säädettävät parametrit

2.1.1 Lämpötila

Lämpötila on yksi keskeisimmistä parametreista ajatellen rakennusten olosuhteiden säätöä. Lämpötilaa säädetään, jotta huonelämpötila saataisiin pidettyä halutussa arvossa huolimatta ulkona tapahtuvista lämpötilan vaihteluista tai tekijöistä sisätiloissa, jotka vaikuttavat huonelämpötilan muodostumiseen. Suomessa suurin vaikuttava tekijä ulkolämpötilaan on vuodenaika. Sisälämpötilaan vaikuttaa mm. huoneiston käyttäjien määrä, tilassa tapahtuva käyttäjien fyysinen aktiivisuus, kodinkoneiden ja elektroniikan käyttö sekä valaistuksen määrä. (Harju P 2006, 13.)

Ympäristöministeriön ohjeiden mukaisesti oikea huonelämpötila tilassa, jossa aikaa vietetään enemmän kuin tilapäisesti on 21-23 °C riippuen vuodenaikasta. Kesäkautena sopiva lämpötila on 23 °C ja lämmityskautena 21 °C. Tällaista huonetilaa tarkoittaessa puhutaan oleskelutilasta. Näihin oleskelutiloihin eivät kuulu esimerkiksi hygieniatilat tai pukuhuoneet. (Suomen rakentamismääräyskokoelma 2012, 4,6.) Alla olevassa taulukossa on nähtävissä ohjeiden mukaiset lämpötilat eri tiloille oleskelutiloja lukuun ottamatta.

Tila	Huonelämpötila °C
Porrashuone	17
Kylpyhuone, pesuhuone	22
Kuivaushuone	24
Myymälä	18
– myymälän kiinteä työpiste	21
Liikuntahalli	18
Kirkkosali	18
Tehdashalli, keskiraskas työ	17
Autokorjaamo, katsastustilat	17
Hissikuilu	17

TAULUKKO 1. Tilakohtaiset ohjeistetut huonelämpötilat lämmityskaudelle. (Suomen rakentamismääräyskokoelma 2012, 6).

Sopivalla huonelämpötilalla sekä kodissa että työpaikalla, tarkalleen ottaen missä tahansa tilassa jossa aikaa vietetään paljon, on suuri merkitys ihmisten jokapäiväisessä elämässä. Liian korkeaksi mitoitettulla huonelämpötilalla on useita negatiivisia vaikutuksia, kuten energian kulutuksen nousu tarpeettoman korkeaksi sekä terveydelliset haitat. Liian alhainen huonelämpötila koituu samaan tapaan ongelmaksi, kuin liian korkeakin. Vetoisassa tai viileässä tilassa asuminen tai työskentely aiheuttaa paitsi terveyshaittoja, mutta myös kosteuden tiivistymistä rakenteisiin mikä osaltaan edistää homevaurioiden syntymistä. (Terveellisen asumisen ABC 2008, 2.)

Lämpötilan kokeminen on toki yksilöllistä. Ei voida sanoa, että juuri 21 °C on mukavuuden kannalta optimaalisin lämpötila kaikille tilan käyttäjille. Esimerkiksi vanhukset saattavat tuntea ikävää palelua jaloissa tai käsissä johtuen huonosta äärisverenkierrosta, näin ollen heille lämpimämpi huonelämpötila olisi mukavampi. Onneksi omalla pukeutumisella voidaan vaikuttaa sopivan lämpötilan muodostumiseen.

2.1.2 Ilmanlaatu

Ilman laatuun merkittävästi vaikuttavia tekijöitä ovat hiilidioksidipitoisuus, epäpuhtaudet ja kosteus. Ympäristöministeriön laatiman määräyksen mukaan sisäilmassa ei saa esiintyä terveydellä vaarallisia määriä kaasuja, hiukkasia eikä mikrobeja. (Suomen rakentamismääräyskokoelma 2012, 7).

Ihminen tuottaa hiilidioksidia ilmaan omalla aineenvaihdunnallaan. Varsinaista terveydellistä ohjearvoa ei ole, mutta yleisesti pidetään liian korkeana määränä, mikäli sisäilman hiilidioksidipitoisuus on 2 700 mg/m³ (1 500 ppm) tai enemmän. Jos hiilidioksiditaso on niinkin korkea kuin 1 500ppm, indikoi se riittämättömästä ilmanvaihdosta. Sopivana määränä hiilidioksidia ilmassa voidaan pitää arvoa 2 160 mg/m³ (1 200 ppm). Liiallinen hiilidioksidin määrä voi aiheuttaa päänsärkyä ja väsymystä, nämä oireet taas vaikuttavat keskittymiskykyyn ja työskentelytehoon. (Epäorgaaniset yhdisteet 2012; Hiilidioksidi n.d.)

Hiilidioksidin lisäksi ihminen levittää aineenvaihduntansa lopputuotteena ympäristöön mm. metaania ja aldehyditia. Näitä kutsutaan ihmisperäisiksi epäpuhtauksiksi. Tupakointi on yksi ilman laatua pilaava ihmisen omavalintainen tapa. Onneksi se on

kiellettyä työpaikoilla ja julkisissa rakennuksissa. Asunnoissa tupakointia ei kuitenkaan ole kielletty, vaikka se muodostaa suuren terveysriskin niin itse tupakoitsijalle kuin muille tiloissa oleville henkilöille. Tupakansavu sisältää terveydelle haitallisia yhdisteitä, joista monet ovat syöpää aiheuttavia. Myös esimerkiksi ruuan laittoa voidaan pitää sisäilmaan vaikuttavana tekijänä. Näitä ihmisperäisiä tai ruuan laitosta johtuvia epäpuhtauksia ei tietenkään voida eliminoida, vaan niitä säädelään ilmastoinnin avulla. (Epäpuhtaudet ja niiden torjunta 2008.)

Ihmisperäisten epäpuhtauksien lisäksi on olemassa rakennusmateriaaleista peräisin olevia epäpuhtauksia. Rakennusmateriaaleja ei voida valmistaa ilman kemikaaleja. Tärkeää on vähäpäästöisten materiaalien suosiminen ja laadunvalvonta. Mikäli rakennusmateriaaleissa on ongelmia, johtuvat ne virheistä valmistusprosessissa, varastoinnissa tai asennuksessa. On tärkeää suojata materiaalien pinnat kosteudelta ja liialta, koska juuri kosteus takaa homeille ja muille mikrobeille oivat kasvuolosuhteet. Altistuminen homeille on terveydelle vaarallista, se aiheuttaa astmaa, allergiaa ja lisää riskiä sairastua hengitystiesairauksiin. Aikaisemmin asbestia käytettiin rakennusmateriaaleissa. Vuonna 1994 sen käyttö kiellettiin, koska todettiin sen olevan niin vaarallista. Asbesti aiheuttaa keuhkosityöpää ja asbetoosia. Asbesti ja mikrobit kuuluvat epäpuhtauksien joukkoon, joita ei voi säädellä ilmanvaihdolla. (Epäpuhtaudet ja niiden torjunta 2008.)

Maaperän epäpuhtauksista merkittävin on uraanin hajoamistuotteena syntyvä radon. Radon aiheuttaa ongelmia kun rakennetaan kalliolle tai soramaalle, sitä kulkeutuu huoneilmaan rakennuksen perustusten kautta. Radon on terveydelle vaarallista ja aiheuttaa tupakoinnin tavoin keuhkosityöpää. Tärkeää on estää kaasun pääseminen sisätiloihin ja hengitysilmaan. Ulkoilman epäpuhtaudet sisätiloissa voidaan välttää tehokkaalla ilman suodatuksella. Ilmanvaihtoa lisäämällä ei tietenkään voiteta mitään, koska silloin vain tuodaan epäpuhtauksia lisää sisätilaan. Ulkoilman epäpuhtauksia ovat esimerkiksi liikenteen saasteet, teollisuuden päästöt ja siitepölyt. (Epäpuhtaudet ja niiden torjunta 2008.)

Viimeisenä ilmanlaatuun vaikuttavana tekijänä on kosteus. Sisäilman suhteellinen kosteus saa olla lämmityskaudella 25-45 %, mikäli se on jatkuvasti yli 45 %, on ho-

meille ja pölypunkeille taattu oivat lisääntymisolosuhteet. Ympäristöministeriön määräysten mukaan kosteus ei saa tiivistyä rakenteisiin eikä pinnoille ja sisäilman kosteuden on pysyttävä rakennuksen käyttötarkoituksen mukaisissa arvoissa. Tilapäisestä sisäilman kosteuden noususta ei ole haittaa, mutta jatkuvasta on. Kesällä ilman kosteus saattaa nousta hetkellisesti jopa 60 % johtuen ulkoilman kosteudesta. (Terveellisen asumisen ABC 2008, 2; Suomen rakentamismääräyskokoelma 2012, 7-8.)

2.1.3 Ääniolosuhteet

Ympäristöstä kantautuvat häiritsevät äänet vaikuttavat negatiivisesti huoneistossa tai rakennuksessa viihtymiseen, ne häiritsevät niin työskentelyä kuin lepoakin. Näitä häiritseviä ääniä voi kantautua esimerkiksi rakennuksen LVI-järjestelmästä tai liikenteestä. Ympäristöministeriön rakentamismääräysten mukaan äänieristyksen ja meluntorjunnan on oltava riittävää rakennuksissa. Näillä määräyksillä halutaan taata viihtyisät ääniolosuhteet tilojen käyttäjille. (Rakennuksen ääneneristys ja meluntorjunta 2011.)

Valtionneuvoston antamien yleisten melutasojen ohjearvojen mukaan asuin-, potilas- ja majoitushuoneistoissa melutaso saa olla päiväsaikaan (7.00 - 22.00) 35 dB ja yöaikaan (22.00 - 7.00) 30 dB. Luonnollisesti ulkona melutasomitoitukset ovat erilaiset ja myös sisätiloissa ohjearvot vaihtelevat riippuen tilasta, esimerkiksi liike- ja toimistotiloissa melutaso saa olla päivällä 45 dB ja yöajalle ei ole annettu minkäänlaista ohjearvoa, koska tilaa ei pääsääntöisesti käytetä silloin. (Melutason ohjearvot 2011.)

Vuonna 2006 valtionneuvosto antoi periaatepäätöksen meluntorjunnasta, siinä sanotaan, että melulle altistuminen ja melutasot ympäristössä on saatava laskemaan merkittävästi. Periaatepäätökseen on kirjattu tavoitteeksi sisätilojen osalta, että valtionneuvoston antamia sisämelun ohjearvoja ei ylitettäisi ja yli 55 desibelin melualueilla asuvien määrää pitää saada 20 % pienemmäksi vuoteen 2020 mennessä. (Meluntorjunta 2011.)

2.1.4 Valaistus

Ympäristöministeriö on laatinut määräyksen koskien rakennusten valaistuosuhteita: *”Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että oleskeluvyöhykkeellä voidaan ylläpitää näkötehtävän edellyttämä valaistus käyttöaikana niin, ettei energiaa käytetä tarpeettomasti.”* (Suomen rakentamismääräyskokoelma 2012, 8.) On siis tärkeää, että valaistus on tilassa tehtävää työtä vastaavaa. Mitä suurempaa tarkkuutta vaaditaan näkötehtävältä, sitä suurempi on oltava myös tilan valaistusvoimakkuus.

Oikea valaistus työskentelytilassa on yksi osatekijä ajatellen maksimaalista vireystilaa. Hyvällä valaistuksella vältetään paitsi terveyshaittoja, esimerkiksi silmien kuivumista, mutta myös virheitä äärimmäistä silmäntarkkuutta vaativissa tehtävissä. Hyvän valaistuksen aikaan saamiseen vaaditaan riittävä ja tasainen valaistusvoimakkuus. Tärkeää on muunneltavuus työntekijän mukaan, iäkkäämmät työntekijät tarvitsevat enemmän valoa kuin nuoret. Optimaalisessa valaistuksessa oleellisia tekijöitä ovat myös häikäsemättömyys, valon suuntaus ja kohtuulliset luminanssierot. (Valaistus 2013.)

2.2 Parametrien mittaus

Mittalaitetarjonta lämpötilan mittaamiseen erilaisista huonetiloista on laaja. Kyseiset mittarit toimivat joko elektronisesti tai perustuvat nesteiden lämpölaajenemiseen. Pintalämpötiloja voidaan kätevästi mitata ilman kontaktipintaa mitattavaan kohteeseen infrapunasäteilyä hyväksi käyttävillä infrapunalämpömittareilla. Lämpötilaa mitattaessa huonetilasta tulee huomioida muutamia tekijöitä, jotka huomiotta jätettäessä saattavat aiheuttavat virhettä mittaustulokseen. Erityisen tärkeää on käyttää mittalaitetta laitteen ohjeiden mukaisesti. Tulee myös muistaa, että anturin ohitse kulkeva ilmavirtaus ei saa olla merkittävän suuri, muutenkin rauhoittuneet olosuhteet huonetilassa sekä mahdollisimman vähäinen ihmisten liike on tärkeää. (Korkala T & Laksola J 2012, 147, 156.)

Mikäli huonetilassa havaitaan vedon tunnetta, on suotavaa tehdä ilman virtausnopeuden mittaaminen. Virtausnopeutta mitataan esimerkiksi kuumalanka-anemometrillä.

Ilman laatuun vaikuttavia tekijöitä huonetilassa mitattaessa, eniten vaihtoehtoja markkinoilta löytyy kosteus- ja hiilidioksidimittareiden osalta. Luotettavasti kosteutta sisäilmasta mitataan perinteisellä psykrometrillä tai hygroskooppisilla kosteusmittareilla. Psykrometrin toiminta perustuu haihdunnasta aiheutuneeseen jäähtymiseen. Huoneilman hiilidioksidimäärää mitataan tähän tarkoitukseen suunnitelluilla hiilidioksidimittareilla. (Korkala T & Laksola J 2012, 146.) Useat valmistajat tarjoavat mittareita, joista löytyvät yhdestä ja samasta laitteesta lämpötilan-, kosteuden- ja hiilidioksiditasonmittaukset. Myös muita epäpuhtauksia, jotka vaikuttavat huoneilman laatuun negatiivisesti, voidaan havaita tarkoitukseen sopivilla antureilla ja mittareilla.

Äänitason mittaamiseen markkinoilta löytyy erityyppisiä mittareita, kuitenkin toimintaperiaate mittareissa on yleensä samankaltainen. Mittari sisältää mikrofonin, jonka tehtävänä on jännitesignaalin anto suhteutettuna äänenpaineeseen, vahvistin käsittelee jännitesignaalia ja prosessoriyksikön tehtävänä on saada näytölle lukema ymmärrettävänä desibeliarvona. Äänentasa mitattaessa on huomioitava mahdollisen sähköisen pohjakohinan vaikutus mittaustulokseen. (Korkala T & Laksola J 2012, 151, 156.)

2.3 Tilat, joiden olosuhteita halutaan säätää

Käyttäjälle optimaalisten olosuhteiden aikaan saaminen erilaisissa tiloissa ei ole aivan yksinkertaista. Rakennuksen käyttötarkoituksesta riippuen olosuhteet vaihtelevat. On paitsi käyttäjien kannalta tärkeää, että pystytään pitämään yllä terveellisiä olosuhteita tiloissa kuin tiloissa, mutta myös ehdottoman tärkeää, että olosuhteet ovat tarkoitukseen sopivat, niitä valvotaan ja säädetään ajatellen rakennusten ja tilojen elinikää ja turvallista käytettävyyttä pidemmällä aikavälillä.

Erilaisia rakennuksia ja tiloja, joilla on omat käyttötarkoituksensa ja vaatimuksensa olosuhteille on lukuisia. Jo pelkästään kerrostaloista ja asuinhuoneistoista löytyy

useita tiloja, joille Ympäristöministeriö on ohjeistanut sopivan lämpötilan Rakentamismääräyskokoelman D2 osiossa. Esimerkiksi porrashuoneella, kylpyhuoneella ja kuivaushuoneella on kaikilla eri huonelämpötilat, jotka soveltuvat parhaiten kuhunkin tilaan. (Suomen rakentamismääräyskokoelma 2012, 6). Ja lämpötilahan on vain yksi tekijä muiden joukossa.

Urheilutilojen olosuhteet ovat aivan oma lukunsa, vaativampina uimahallit ja jäähallit. Uimahalleissa ja kylpylöissä on huomioitava poikkeukselliset ilman lämpötila- ja kosteusolosuhteet, molemmissa paikoissa ilma on jatkuvasti hyvin lämmintä sekä kosteaa. Uimarit luonnollisesti viettävät suurimman osan ajastaan uimavedestä määrissä uimapuvuissaan, tämän vuoksi heidän mukavuutta ajatellen, ilmaston on oltava riittävän lämmin ja kostea. Veden haihdunta uimapuvuista ja iholta jäädyttää ihoa, lämpimän ja kostean ilmaston avulla haihdunta ei nouse epämiellyttävän suureksi. Tämä jatkuva korkea lämpötila sekä kosteuspitoisuus aiheuttavat omat haasteensa ilmastoinnille ja ilmanvaihdolle. Vaikka käyttäjien kannalta ilman korkea kosteus on mukava asia, on se haasteellinen tekijä ajatellen rakenteita. Mikäli kosteus nousee liian suureksi, aiheuttaa sen tiivistyminen rakenteisiin rakenneaurioita ja mikrobiongelmia. Näiden rakenteisiin kohdistuvien ongelmien lisäksi vedestä ilmaan siirtyvät kemialliset ja biologiset epäpuhtaudet on pidettävä kurissa. Uimahallien ja kylpylöiden ilmastointi ja kosteuden hallinta perustuu alipaineistukseen. Tilat, jotka ovat kosteimpia, ovat alipaineistettuja vähemmän kosteisiin tiloihin nähden. (Uimahallien ja kylpylöiden sisäilmastoa koskevat terveydelliset ohjeet 2008.)

Ihmisiä työskentelee monenlaisissa tehtävissä hyvin vaihtelevissa tiloissa ja rakennuksissa, esimerkiksi teollisuus- ja toimistotiloissa. Näissä tiloissa olosuhteet useasti ovat paljon toisistaan poikkeavat. Teollisuustiloissa työntekijät herkästi altistuvat melulle ja epäpuhtauksille, myös lämpöolot voivat olla hyvinkin haastavia. Työteho on korkeimmillaan toimistohenkilöillä 21 °C:ssa. Sen on todettu laskevan selvästi, mikäli lämpötila nousee tai laskee. Tiloissa, joissa tehdään fyysistä työtä sekä työtehtävissä, joissa joudutaan pukemaan paljon päälle, on viihtyisyyslämpötila matalampi. (Korkala T & Laksola J 2009, 18.)

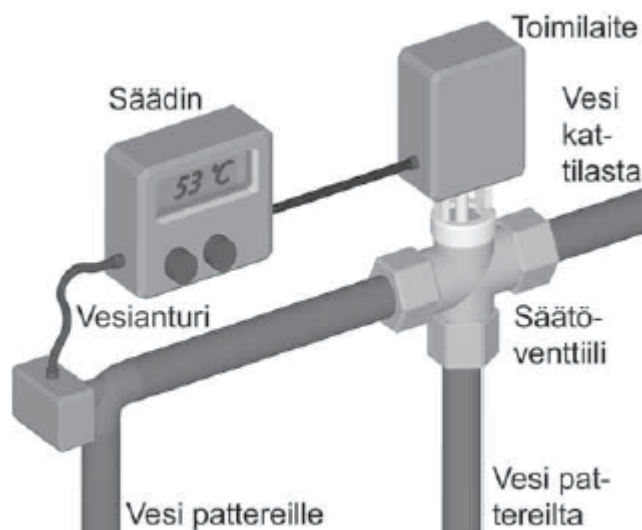
Puhdastiloiksi kutsutuissa tiloissa olosuhteiden säätö on erityisen tarkkaa. Puhdastilat ovat tiloja, joiden ilmassa olevien partikkeleiden määrää kontrolloidaan tarkasti. Puhdastiloissa pyritään eliminoimaan partikkeleiden sisäänpääsy ja syntyminen. Olosuhdeparametrien testaaminen puhdastiloissa on jatkuvaa, jotta tila täyttäisi vaaditut määräykset. Parametrit joita tarkkaillaan ja säädetään, ovat ilman lämpötila ja kosteus, partikkeleiden määrä ja koko ilmassa, ilman vaihtuvuus, liikesuunta sekä virtausnopeus, lisäksi tarkkaillaan myös paine-eroa ympäröiviin tiloihin nähden. (Puhdastilat 2008.)

2.4 Säätötekniikka talotekniikassa

Talotekniikalla käsitteenä tarkoitetaan rakennuksen kaikkia teknisiä järjestelmiä, laitteita ja palveluita. Se on kokonaisuus, joka luo kiinteistöissä tapahtuville toiminnoille olosuhteet. Talotekniikan piiriin kuuluvat muun muassa tietoverkot, turvajärjestelmät, paloturvallisuus sekä rakennusautomaatio. Talotekniikan keskeisen osan muodostavat sähkö- ja LVI-tekniikan ratkaisut. (Talotekniikkaopas - Perustietoa asuntojen taloteknisistä järjestelmistä 2012, 4.)

Yhtenä säätöautomaatiikan tehtävänä kiinteistössä on saada suotuisat sisäilman olosuhteet kiinteistön käyttäjille. Rakennusten säätöautomaatio on kehittynyt käsisäädöstä reaaliaikaiseen automaattiseen säätöön. Vielä 70-luvun alussa esimerkiksi lämmönsäätö perustui talonmiehen paperille rustattuihin muistiinpanoihin ja kokemuksen pohjalta tehtyyn käsisäätöön. (Harju P 2006, 10-11.)

Nykyään lämmönsäätö toimii esimerkiksi vesikeskuslämmitteisten kerrostalojen osalta niin, että se sisältää säätöautomaatiikan joka huomio ulkolämpötilan, mahdollisesti myös käytetään tuuli- ja aurinkoantureita. Niillä saadaan huomioitua auringon lämmittävät sekä tuulen viilentävät vaikutukset pattereille menevässä vedessä. Huonekohtaisesti lämpötilaa voidaan säätää patteriventtiileillä. (Harju P 2006, 13.)



KUVIO 8. Pelkistetty lämpötilansäätö.

Kuiviossa 8 on nähtävissä yksinkertainen lämpötilansäätöjärjestelmä ilman ulkolämpötilakompensointia. Pattereille menevän veden lämpötilaa mittaa lämpötila-anturi. Mittaamisen lisäksi lämpötila-anturi jakaa saatua tietoa säätimelle. Säädin, toimilaitetta ja säätöventtiiliä ohjaamalla, pitää menoveden lämpötilan asetusarvon mukaisena. Pattereilta tuleva paluuvesi ja kattilasta tuleva kuuma vesi sekoitetaan kolmitieventtiin toimesta sopivan lämpöiseksi, vastaamaan sen hetkistä lämmöntarvetta. (Harju P 2006, 14.)

Puhuttaessa säätötekniikasta talotekniikan yhteydessä, nousevat esiin älytalot ja älykkäät kodit, jotka tekevät tuloaan ja osaltaan ovatkin jo nykyaikaa. Niissä säätötekniikka on hyvin korkealla tasolla. Älytaloilla ja älykkäillä kodeilla tarkoitetaan taloja, joissa energian kulutus on pyritty saamaan mahdollisimman pieneksi kuitenkin tinkimättä asukkaiden mukavuudesta tai viihtyvyydestä. Älytalossa kaikki yhdistämiskelpoiset järjestelmät on yhdistetty ja niitä voidaan käyttää yhdestä käyttöliittymästä. Näiden järjestelmien piiriin kuuluvat muun muassa lämmitys, ilmanvaihto, hälytykset, valaistus ja multimedia. Ohjausjärjestelmä älytaloissa toimii erilaisten antureiden ja tunnistimien avulla. Asukkaiden lähdetessä lomailemaan, on mahdollista ilmanvaihtoa sekä lämmitystä säätää ohjausjärjestelmän avulla pienemmäksi, mikä säästää energiaa. Myös esimerkiksi vesivahingot ovat estettävissä. Kulutusta älytaloissa on mahdollista seurata hyvin tarkasti, melkein reaaliajassa. (Älytalotalo säästää jopa energiaa asukkaan siitä tietämättä 2011; Harju P 2006, 14.)

3 LVI-JÄRJESTELMÄT JA SUUNNITTELU

Rakennusten LVI-tekniikka on keskeinen osa isompaa kokonaisuutta, se kuuluu vahvasti edellisessä kappaleessa mainittuun talotekniikkaan. LVI-tekniikka koostuu lämmitys-, vesi- ja viemärointi- sekä ilmanvaihtojärjestelmistä. Sen tarkoituksena on sopivan sisäilmaston ja sisäolosuhteiden luominen tilojen käyttäjille. (Seppänen o & Seppänen M 1996, 6-7).

Rakentamista Suomessa säätelee maankäyttö ja rakennuslaki, tätä lakia on täydennetty erillisellä rakentamismääräyskokoelmalla. Suomen rakentamismääräyskokoelma, mistä olen käyttänyt lähteenä tätä työtä tehdessä D2- osiota, koostuu seitsemästä erillisestä osiosta. Yhdessä energiatalouden kanssa LVI muodostaa rakentamismääräyskokoelman D-osion ”LVI ja energiatalous”. LVI-suunnittelu on yksi osa-alue rakennusprosessissa, siksi myös sitä ohjaa lait, määräykset ja ohjeet.

3.1 Lämmitys

Valittaessa lämmitysjärjestelmää esimerkiksi pientaloon, törmätään lukuisiin vaihtoehtoihin. Ympäristön kannalta hyvä vaihtoehto olisi puupolttoaineiden käyttö, esimerkiksi pilkkeiden, halkojen ja hakkeen. Puuta polttamalla säästytään rikki- ja hiilidioksidipäästöiltä. (Hake- pilke ja halkokattilat 2011) Tarjolla olevat lämmönlähteet vaikuttavat lämmitysjärjestelmän valintaan.

Yhtenä vaihtoehtona on kaukolämpö, sitä tosin ei ole mahdollista saada kaikkialla. Kaukolämpöä tuotetaan voimalaitoksissa. Käyttäjälle lämpö saadaan sen ensin siirrettyä talon lämmönjakokeskukseen kaukolämpöverkossa kiertävästä kuumasta vedestä. Kaukolämmitys on varsin hyvä vaihtoehto rakennuksen lämmitysjärjestelmäksi, mikäli sitä vain on saatavilla. Se on käyttäjäystävällinen vaihtoehto, koska ei vaadi huoltotoimenpiteitä juurikaan. Kaukolämmön hinta vaihtelee paikkakunnasta riippuen. Mikäli polttoaineena kaukolämpölaitoksessa käytetään jotain uusiutuvan energian lähteistä, voidaan kaukolämpöä lämmitysvaihtoehtona pitää ympäristönkin kannalta järkevänä vaihtoehtona. (Kaukolämpö 2011.)

Lämpöpumput lämmityskeinona ovat nostaneet suosiotaan viime vuosina. Tällä hetkellä markkinoilta löytyy ilmalämpö- ja maalämpöpumppuja sekä poistoilmalämpö- ja ilma-vesilämpöpumppuja. Lämpöpumppujen ideana on siirtää lämpöä paikasta toiseen.

Ilmalämpöpumput siirtävät lämmintä ilmaa ulkoa sisätiloihin. Mikäli halutaan sisäilmaa viilentää, toimii ilmalämpöpumppu myös siinä tarkoituksessa. (Ilmalämpöpumppu 2013.) Ilma-vesilämpöpumppu toimii samaan tapaan kuin ilmalämpöpumpukin, höyrystimen ja lauhduttimen avulla. Suurimpana erona on se, että lämpö siirretään veteen. (Ilma-vesilämpöpumppu 2013.) Käyttäjäystävällinen, vähäisiä huolto-toimenpiteitä vaativa maalämpöpumppu kerää varastoitunutta lämpöä joko kallios-ta, vedestä tai maaperästä. Lämmönkeruuputkistoissa kiertää neste, jota lämmittää putkistoa ympäröivä maaperä. Kompressorin tehtävänä on siirtää saatu lämpöener-gia lämmönjakoverkkoon. (Maalämpöpumppu 2013.) Poistoilmalämpöpumppu toimii nimensä mukaisesti niin, että se käyttää hyödyksi talosta poistettavaa ilmaa. Se vas-taa lämmityksen lisäksi myös lämpimästä käyttövedestä ja ilmanvaihdosta. Poistoil-malämpöpumppu tuottaa lämpöä vakioteholla vuodenajasta huolimatta. (Poistoilma-lämpöpumppu 2013.)

Öljylämmitys on perinteikäs lämmityskeino. Tosin tällä hetkellä harvemmin päädy-tään öljylämmitykseen. Tähän ratkaisuun vaikuttaa öljyn hinta ja ekologiset syyt. Päädyttäessä öljylämmitysjärjestelmään tarvitaan öljykattila, öljypoltin sekä öljysäi-liö, tietysti myös järjestelmää ohjaava säätölaite. Käytettäessä öljylämmitystä raken-nuksen lämmitysmenetelmänä, tarvitaan vesikiertoinen lämmönjakojärjestelmä. Öl-jylämmityksen rinnalla on mahdollista käyttää esimerkiksi aurinkolämpöjärjestelmää. (Öljylämmitys 2011.)

Mikäli rakennuksen lämmityskeinoksi valitaan harvinaisempi maakaasu, tarvitaan lämmityskattila, kaasupoltin ja jälleen vesikiertoinen lämmönjakojärjestelmä, jotta saadaan aikaan toimiva lämmitysjärjestelmä. Mahdollisuutta maakaasulämmitykseen Suomessa on vain joillakin paikkakunnilla. Poltinlaitteet vaativat säännöllistä huoltoa toimiakseen tehokkaasti. Maakaasua voidaan pitää esimerkiksi öljylämmitystä ympä-

ristöystävällisempänä vaihtoehtona, koska hiilidioksidipäästöt ovat noin 25% pienemmät. (Maakaasu 2013.)

Käytettäessä lämmönlähteenä sähköä tarvitaan varaajaa tai sähkökattilaa lämmön tuottamiseen. Sähkövastuksilla varustetulla varaajalla saadaan tuotettua energiaa lämmitykseen sekä lämpimään käyttöveteen. Ideana on lämmittää varaaja edullisempaa yö sähköä käyttäen. Sähkökattila on parhaillaan taloissa, joissa lämmöntarve on vähäistä ja varaajalle ei ole tarvetta. Sähkökattila tuottaa sillä hetkellä tarvittavan lämmitysenergian. Lämpö jaetaan huoneisiin esimerkiksi lattialämmitystä käyttäen. (Sähkövaraajat ja –kattilat 2011.)

On otettava huomioon mietittäessä rakennukseen sopivaa lämmitysjärjestelmää, että kussakin ratkaisussa on omat käytännön vaatimuksensa. Esimerkiksi poltettaessa kiinteitä polttoaineita tarvitaan kattilahuonetta ja mikäli lämmitysjärjestelmäksi valikoituu kaukolämpö, tarvitaan silloin lämmönjakohuone.

Kun on selvillä rakennuksen lämmönlähde sekä siihen sopiva lämmitysjärjestelmä, tulee miettiä kuinka lämmitysjärjestelmästä saatava lämpö saadaan jaettua huoneitiloihin. Vaihtoehtoja on jälleen useampia. Mikäli käytetään vesikiertoista lämmönjakojärjestelmää, lämpöä jaetaan huoneisiin joko pattereita pitkin, lattialämmityksen kautta tai mahdollisesti käyttäen molempia keinoja. Veden lämpötilaa pattereissa säädetään ulkona vallitsevan lämpötilan mukaan. Sitä lämpimämpää vettä pattereissa kiertää, mitä kylmempi ilma ulkona vallitsee. Pattereiden termostaattiventtiileillä ja huonekohtaisilla termostaateilla, jotka säätelevät lattialämmitystä, saadaan estettyä esimerkiksi auringon säteilystä johtuva yllilämpökuorma ja voidaan tehdä hienosäätöä verkostoon. Huonekohtaista sähkölämmitystä käyttäessä vaihtoehtoina lämmönjakomenetelmiksi on patteri-, katto-, lattia tai ikkunalämmitys. Vesikiertoista lämmönjakojärjestelmää ei tarvita käytettäessä tätä menetelmää, vaan lämpö tuotetaan lämmityslaitteen sähkövastuksessa kussakin huoneilassa, esimerkiksi lattialämmityskaapeleiden vastuksessa. Lämpöä on mahdollista jakaa myös ilmakehää pitkin, mutta tämä menetelmä on kahta edellistä harvinaisempi. (Vesikeskuslämmitys 2011; Huonekohtainen sähkölämmitys 2011.)

3.2 Vesi ja viemärointi

Rakennusten vesisuunnittelu on tärkeä ja oleellinen osa LVI-kokonaisuutta. Kuitenkin tämän opinnäytetyön kannalta, voidaan todeta, että ratkaisut viemäroinnissä sekä puhtaan veden saattamisessa rakennusten käyttäjille ovat vähemmän merkittäviä. Tästä johtuen, kyseinen kappale on jätetty selkeästi huomioimatta ja keskitytty lämmitys- ja ilmastointiratkaisuihin.

3.3 Ilmastointi

Kun käsitellään ilmanvaihdon toimintaa erilaisissa huonetiloissa, on tärkeää tietää mistä puhutaan, kun puhutaan oleskeluvyöhykkeestä. Oleskeluvyöhyke on se osa huonetilasta, jossa ihmisten ajatellaan oleskelevan suurimman osan tilassa käytetystä ajasta. Oleskeluvyöhykkeen reunamat ovat 0,6 metrin etäisyydellä seinistä, alkavat lattiatasosta ja ulottuvat aina 1,8 metriin saakka. (Korkala T & Laksola J 2012, 143,-144.)

Puhuttaessa rakennusten ilmanvaihdosta tarkoitetaan sillä ilman vaihtumista painovoimaisesti tai puhaltimia apuna käyttäen. Ilmanvaihto oleskeluvyöhykkeellä pitää yllä laadukasta huoneilmaa. Sen toimiessa kuten pitääkin, ilma pysyy huoneilojen käyttäjille suotuisana, puhtaana ja terveellisenä. Ilmastointi on ilmanvaihtoa teknisempi prosessi. Käsittelemällä tulo- ja kierrätysilmaa hallitaan huoneilman lämpötilaa, puhtautta ja kosteutta. Ilman vaihtaminen on kuitenkin ilmastoinnin tärkein tehtävä. Ilmastointijärjestelmän muodostavat ilmastointikone, tuloilmakanavisto, poistoilmakanavisto, poistoilmakone sekä tulo- ja poistoilmaventtiilit. Ilmastoinnin avulla pidetään esimerkiksi yllälämmön muodostumista aisoissa. Esimerkiksi toimistotiloissa sitä muodostuu herkästi johtuen käytössä olevista laitteista, valaistuksesta ja ihmisten määrästä ja liikkeestä. (Korkala T & Laksola J 2012, 55-56.)

Ilmastointijärjestelmiä ja vaihtoehtoja ilmastoinnin toteuttamiseen on useita. Toimisto- ja liiketiloissa käytetyt järjestelmät voidaan jakaa kahteen luokkaan, osassa järjestelmistä jäädytysteho, jota tarvitaan yllälämmön poistamiseen, tuodaan tuloilman

avulla huonetiloihin tuloilmakoneelta. Näissä ratkaisuissa tulo- ja poistoilmavirrat ovat suuria. Yksivyöhykejärjestelmä, monivyöhykejärjestelmä, jälkilämmitysjärjestelmä, ilmamääräsäätöinen järjestelmä sekä kaksikanavajärjestelmä ovat juuri näitä tuloilmaa käyttäviä järjestelmiä. Osassa järjestelmistä käytetään jäähdytysvesiputkistoa, jäähdytysteho tuodaan huonetiloihin sitä hyväksi käyttäen. Tätä menetelmää käyttäviin järjestelmiin lukeutuu suutinkonvektorijärjestelmä, puhallinkonvektorijärjestelmä sekä ilmastointipalkkijärjestelmä. (Korkala T & Laksola J 2012, 57.)

Jäähdytystehon tuloilmakoneelta huoneisiin tuovien yksivyöhyke- sekä monivyöhykejärjestelmien toiminta perustuu tuloilman keskitettyyn käsittelyyn tuloilmakoneella. Erona näissä järjestelmissä on vain se, että yksivyöhykejärjestelmässä kaikkiin vyöhykkeen huonetiloihin johdetaan saman lämpöistä ja kosteudeltaan yhdenmukaista tuloilmaa vakio määrä. Yksivyöhykejärjestelmä ei siis ota huomioon yksittäisten huoneiden tarpeita vaan säätö tapahtuu vyöhykkeen keskiarvon perusteella. Haasteeksi käytettäessä tätä järjestelmää, helposti muodostuukin oikean lämpötilan ylläpito tiloissa. Monivyöhykejärjestelmässä jokaiselle vyöhykkeelle saadaan johdettua oma yksilöllinen tuloilma, kuitenkin huonekohtaista säätöä ei voida toteuttaa. (Korkala T & Laksola J 2012, 58.)

Myös jälkilämmitysjärjestelmässä tuloilma käsitellään keskitetysti. Käytettäessä tätä järjestelmää, on mahdollista hallita huonekohtaisesti lämpötiloja. Pääkanavistosta kulkevat haarakanavat huoneisiin ovat jälkilämmityspattereilla varustetut. Patterin avulla voidaan tuloilmaa lämmittää huoneanturia hyväksi käyttäen niin, että huonelämpötila saadaan pidettyä huonekohtaisena. (Korkala T & Laksola J 2012, 59.)

Edellä mainittujen järjestelmien tapaan ilmamääräsäätöisen järjestelmän tuloilman käsittely tapahtuu tuloilmakoneella keskitetysti. Ilma käsitellään niin, että sen lämpötila riittää huonetilojen viilentämiseen. Tässä järjestelmässä jokaisen huoneen tai vyöhykkeen tuloilmavirtaa säätää anturin ohjaamana ilmavirran säätöyksikkö. Huonetilan lämpötilaa hallitaan niin, lämpötilan noustessa ilmavirta säätyy säätöyksikön toimesta suuremmaksi ja vastaavasti taas ilmavirta säätyy pienemmäksi huonelämpötilan laskiessa. Ilmavirran maksimimäärä sekä ilmavirran minimimäärä on esisäädetty

säätöyksiköille. Poistoilman virtaa huonetiloista säädetään yleensä samankaltaisilla ilmamääräsäätimillä. (Korkala T & Laksola J 2012, 60-61.)

Kaksikanavajärjestelmä on viimeinen järjestelmistä, joissa jäähdytysteho yllämmön poistamiseen tuodaan kokonaisuudessaan tuloilmakoneelta. Tässä järjestelmässä keskuskoneelta lähtee sekä kylmä- että lämminkanava. Kylmän kanavan tehtävänä on viilentää kaikkia huoneita, sen lämpötila säädetään siihen riittävään arvoon. Kaksikanavajärjestelmän ideana on, että jokaisessa huoneessa on oma sekoitusyksikkönsä, minkä tarkoituksena on sekoittaa lämmin ja kylmä tuloilma keskenään huonelämpötila-anturin ohjaamana sen arvoiseksi, että saadaan aikaan ennalta määritelty huonelämpötila. (Korkala T & Laksola J 2012, 62-63.)

Suutinkonvektorijärjestelmä poikkeaa edellä mainituista niin, että se kuuluu järjestelmiin, joissa suurin osa lämmitys- ja jäähdytystehosta tuodaan vesiputkistoilla huoneiden suutinkonvektoreihin. Yleensä suutinkonvektorit sisältävät huonekohtaisen säädön mahdollisuuden, ne sijoitetaan useasti ikkunapenkkiin ja saavat ilman kiertämään voimakkaasti huonetilassa. Järjestelmää voidaan sanoa monimutkaiseksi, sekä rakenteeltaan että käytettävyydeltään. (Korkala T & Laksola J 2012, 63-65.)

Puhallinkonvektorijärjestelmässä, edellä mainitun järjestelmän tapaan, teho tuodaan huoneisiin jäähdytysvesiputkistoa käyttäen. Erona edellä mainittuun, jäähdytysteho tuodaan puhallinkonvektoreihin suutinkonvektoreiden sijaan. Puhallinkonvektorijärjestelmään kuuluu puhallin, lamellipatteri ja suodatin. (Korkala T & Laksola J 2012, 66-67.)

Ilmastointipalkkijärjestelmässä huonetiloihin asennetaan palkit, jotka kytketään kylmävesikiertoon, jäähdytykseen tai ilmanvaihtojärjestelmään. Tätä menetelmää voidaan siis käyttää jäähdytykseen, lämmitykseen tai ilmanvaihtoon. Ilmastointipalkkeihin on mahdollista liittää myös muita järjestelmiä joita talotekniikassa käytetään. Järjestelmä on monipuolinen ja sitä voidaan käyttää monissa eri kohteissa. Tämän järjestelmän etuina ovat mahdollisuus tilojen muunneltavuuteen sekä elinkaarikustannukset, joita voidaan pitää suhteellisen alhaisina. (Korkala T & Laksola J 2009, 67-69.)

4 MARKKINOILLA OLEVAT HUONESÄÄTIMET

Tässä kappaleessa käsitellään markkinoiden tarjoamia huonesäätimiä. Alun perin tarkoitus oli vertailla useampien valmistajien ratkaisuja, mutta tutkittuani eri valmistajien säätimiä, päädyin lopulta lähemmin tarkastelemaan ainoastaan Produal Oy:n tarjontaa, koska heidän valikoimansa osoittautui niin laajaksi ja kaiken kattavaksi. Mielestäni ei siis ollut tarvetta lähteä pureutumaan sen lähemmin muiden valmistajien vastaavanlaisiin säätimiin.

4.1 Produal Oy

Produal Oy on suomalainen mittalaitteiden valmistaja. Yritys valmistaa mitta- ja säätölaitteita kiinteistöautomaation tarpeisiin. Produal Oy:n valikoimiin kuuluu lukuisia erilaisia huonesäätimiä. Valikoima on hyvin laaja. Produalin huonesäätimet ovat selkeitä ja näyttävät tyylikkäiltä. Eri säädinmallien välillä ei ole suuria ulkonäköeroja. Ne on pidetty klassisen yksinkertaisina ja helppokäyttöisinä.

4.1.1 HLS 16

HLS 16 on 1-portainen säädin huonekohtaiseen säätöön. Käytetään lattian lämmitykseen sekä jäähdytykseen, molempia ohjataan saman termomoottorin avulla. Lämpötilan mittaaminen tapahtuu NTC10 anturilla, mikä on integroitu säätimen sisään. Ohjausviesti, jolla määritellään lämmityksen tai jäähdytyksen tarve, muodostuu anturin mittaaman arvon ja säätimeen asetetun arvon erotuksesta. Tehdasasetuksena asetusarvo on 21 °C, tämä arvo on mahdollista muuttaa käyttäjän toimesta haluttuun arvoon. Säädintä on saatavana sekä näytöllisenä että näytöttömänä. Kuten kaikki HLS- sarjan säätimet, myös tämä HLS 16 asennetaan kuivaan tilaan. (Lattialämmitys- / -jäähdytys säädin HLS 16 2011.)



KUVIO 9. Lattialämmityssäädin HLS 16

4.1.2 HLS 21 ja HLS 21-EXT

2-portainen säädin huonekohtaiseen lämpötilan säätöön. Termomoottorit soveltuvat myös näiden säätimien toimilaitteiksi, erona edelliseen säätimen tekniikkaan, näissä HLS 21- sekä HLS 21-EXT- malleissa lämmitykselle ja jäähdytykselle on molemmille omat toimilaitteensa, tarvitaan siis kaksi termomoottoria. HLS 21- mallissa lämpötilan mittaaminen tapahtuu laitteen sisäisellä NTC10 anturilla. HLS 21-EXT- malli sisältää liittimen, johon voidaan kytkeä ulkoinen lämpötila-anturi. Muuta eroa näillä HLS 21 ja HLS 21-EXT huonelämpötilasäätimillä ei olekaan. (Huonelämpötilasäädin HLS 21 2012.)



KUVIO 10. Huonelämpötilasäädin HLS 21

4.1.3 HLS 33 ja HLS 33-EXT

HLS 33- mallin säätimet ovat myös huonekohtaisen lämpötilan säätöön tarkoitettuja laitteita. Ne ovat 3-portaisia lämpötilansäätimiä. Molemmissa malleissa lämmitykselle on varattu yksi porrassäätin ja jäähdytykselle kaksi. HLS 33 ja HLS 33-EXT mallien toimilaitteina käytetään 0...10V- ohjausviestillä toimivia moottoreita ja lisäksi joko termo- tai kolmepistemootteita. HLS 33-EXT malliin on mahdollista liittää ulkoinen anturi. (Huonelämpötilasäädin HLS 33 2012.)

4.1.4 HLS 34

Tällä säätimellä voidaan säätää lämpötilan lisäksi myös ilmamäärää. Säädin on yhteensopiva modbus (RTU) väylään. Myös tämän mallin toimilaitteina käytetään 0...10V- ohjausviestillä toimivia moottoreita ja lisäksi joko termo- tai kolmepistemootteita. Mikäli säätimellä halutaan ohjata puhallinkonvektoria, voidaan sen nopeutta säätää 0...10V- lähdöllä. FCRY 3- relemoduuli on välttämätön lisävaruste, jos HLS 34- säätimellä halutaan ohjata 3-nopeuspuhaltimia. Lämpötilan mittaaminen tapahtuu joko säätimeen integroidulla anturilla, tai haluttaessa ulkoisesti NTC10-anturia käyttäen. Säädin toimii yö- ja päivätilaperiaatteella. Säädin tunnistaa yötilan päättymisen ja päivätilaan siirtymisen joko säätimen omasta läsnäolosta kertovasta painikkeesta, läsnäoloanturin toiminnasta tai ulkoisesta painikkeesta, jolla ilmoitetaan onko huoneistossa käyttäjiä vai ei. Päivätila on mahdollista määrittellä määräaikaiseksi, 1-480 minuuttia kestäväksi ajanjaksoksi. Säädin siirtyy automaattisesti määräaikaisen päivätilan jälkeen yötilaan.

Produal tarjoaa HLS 34- säätimelle erillistä käyttöönotto-työkalua (HLS 34-SER). Säätimen asetukset on toki mahdollista määrittellä ilman käyttöönotto-työkalua säätimen painikkeita käyttäen. Produal kuitenkin mainostaa datalehdessään HLS 34-SER- käyttöönotto-työkalun tekevän laitteen käyttöönotosta nopeampaa. (Huonesäädin HLS 34 2012.)



KUVIO 11. Huonesäädin HLS 34.

4.1.5 HLS 35

Tätä säädintä on suunniteltu käytettäväksi lattialämmityksen ja -jäähdytyksen ohjaamiseen sellaisissa kiinteistöissä, joissa lämmitysvesi on mahdollista vaihtaa jäähdytysvedeksi kesäajaksi. Säädin on yhteensopiva modbus (RTU) väylään. Säätimessä käytetään sekä sisäistä että ulkoista anturia lämpötilan mittaamiseen. Paluuveden lämpötilan mittaaminen tapahtuu ulkoisella anturilla. Säädin sisältää näytön, parametrit ja asetusarvot asetetaan säätimen hipaisupainikkeilla. (Lattialämmitys- / -jäähdytys säädin HLS 35 2009.)

Kuten kaikki Pro dualin HLS- sarjan säätimet, myös HLS 35 tulee asentaa pinta asennuksena kuivaan tilaan.



KUVIO 12 Lattialämmityssäädin HLS 35.

4.1.6 HLS 44-V

Tämä monikäyttöinen säädin on tarkoitettu ilmamäärän ja lämpötilan säätöön, sillä voidaan toteuttaa myös valaistuksen ohjaus. HLS 44-V on yhteensopiva modbus (RTU) väylään. Tähänkin säätimeen saadaan kytkettyä 0...10 V- ohjattujen toimilaitteiden lisäksi termisiä venttiilitoimilaitteita. HLS 34- säätimen tapaan puhallinkonvektoria ohjataan 0...10V- lähdöllä ja FCRY 3- relemoduuli on välttämätön lisävaruste, mikäli säätimellä halutaan ohjata 3-nopeuspuhaltimia. Lämpötilan mittausta tapahtuu edellisten säätimien tapaan joko laitteen sisäistä anturia käyttäen tai sitten vaihtoehtoisesti ulkoisesti NTC10- anturilla. Ilmanvaihdon säätö toteutetaan ulkoisella U1-tuloon kytkettävällä hiilidioksidimittauksella. Myös tässä säätimessä on toimitilat sekä yö- että päiväkäyttöön. Jos säätimellä halutaan ohjata valaistusta, tarvitaan erillinen RYVA 16- valaistuksen ohjausrele. (HLS 44-V 2012.)

HLS 44-V- säätimelle tarjotaan HLS 34- säätimen tapaan erillistä käyttöönotto-työkälua (HLS 44-SER).

4.1.7 HS 2.2

Tällä monikäyttöisellä yleissäätimellä voidaan säätää niin lämpötilaa, valaistusta, painetta kuin paine-eroakin. Säätimessä on helppokäyttöiset hipaisupainikkeet. Laitteen käyttäjä selviää päivittäisestä käytöstä yksinkertaisilla + ja – miinuspainikkeilla. (Yleissäädin HS 2.2 2010.)



KUVIO 13 Yleissäädin HS 2.2.

5 TYÖN TOTEUTUS JA LOPPUPÄÄTELMÄT

Tämän opinnäytetyön tekeminen alkoi saadessani käsiini toimeksiantajalta, HK Instrumentsin edustajalta, tehtävän määrittelyn. Tehtävän määrittelyyn tutustumisen jälkeen aloitin työn teon materiaalin keräämisellä ja aiheeseen paneutumisella. Ensimmäisenä täytyi selvittää, mitä rakennusten olosuhteiden säädöllä ylipäätään tarkoitetaan ja mitä parametreja rakennuksissa ja huonetiloissa säädetään. Tehtävänannon mukaisesti tutustuin Ympäristöministeriön laatiman Suomen rakentamismääräyskokoelman D2 osion määräyksiin ja ohjeisiin koskien rakennusten sisäilmastoa ja ilmanvaihtoa. Parametrit, joihin olen työssä perehtynyt, ovat peräisin kyseisestä rakentamismääräyskokoelman D2 osiosta.

Parametreihin perehtymisen jälkeen oli oleellista miettiä minkälaisissa tiloissa ja rakennuksissa olosuhteita oikein säädetään. Varsin mielenkiintoista oli huomata, että optimaalisten olosuhteiden aikaan saaminen erilaisissa tiloissa ei ole aivan yksinkertaista. Täytyy huomioida paitsi käyttäjien tarpeet, mutta myös ajatella rakennusten ja tilojen elinikää.

Tehtävän antoon kuului perehtyä LVI-suunnittelutyöhön ja mahdollisesti päästä tekemään haastattelua suunnittelutoimistoon. Perehtyminen LVI-järjestelmiin ja -suunnitteluun alkoi minun osalta selvittämällä, että mitä yleisesti ottaen LVI-

tekniikalla tarkoitetaan ja mitä kaikkea siihen kuuluu. Työssä perehdyin erilaisiin lämmitysjärjestelmäratkaisuihin, niiden etuihin, haittoihin ja vaatimuksiin. Ilmastoinnin osalta minun piti ensimmäiseksi selvittää itselleni, että mikä käsitteellinen ero ilmanvaihdon ja ilmastoinnilla onkaan. Seuraavaksi eteen tuli kysymys, että mikä on ilmastoinnin tehtävä ja merkitys, kun tavoitteena on sopivan sisäilmaston ja sisäolosuhteiden luominen tilojen käyttäjille. Tässä työssä tutustuin erilaisiin ilmastointijärjestelmiin sekä vaihtoehtoihin ilmastoinnin toteutuksen suhteen.

Työn loppupuolella perehdyin markkinoiden tarjoamiin huonesäätimiin. Tarkasteluun valikoitui Pro dual Oy:n HLS- ja HS-sarjan säätimet. Pro dual Oy:n valikoima on suhteellisen suuri, kuitenkin alkuperäinen tarkoitus oli perehtyä markkinoiden tarjontaan laajemmin ja ottaa lähempään tarkasteluun myös muiden valmistajien säätimiä. Lopulta jouduin aikataulusta johtuvien ongelmien vuoksi tarkastelemaan ainoastaan yhden valmistajan tuotteita tässä työssä. Tämä kyseinen kappale jäi ennakoitua huomattavasti vajavaisemmaksi.

Työn edetessä huomasin tuhlanneeni aikaa ja energiaa paneutumalla hiukan epäolennaisiin asioihin. Kappaleeseen, missä perehdytään markkinoiden tarjoamiin huonesäätimiin, olisi pitänyt keskittyä huomattavasti enemmän. Käytin turhan paljon aikaa tutkien säädettäviä parametreja ja perehtyen rakennusten olosuhteiden säätöön, tokikaan nämä eivät ole epäolennaisia asioita. Kuitenkin minun olisi pitänyt hiukan nipistää siitä ajasta, jonka käytin työn alkupuolen kappaleisiin ja panostaa sen sijaan työn loppupuoleen.

LÄHTEET

Clean Room tech. 2008. Puhdastilat. Viitattu 29.10.2013.

<http://www.crtoy.com/puhdastilat/>

Harju P & Matilainen V. 2005. LVI- Tekniikka – Korjausrakentaminen. Vantaa. Suomen LVI-liitto, opetushallitus.

Harju, P. 2006. Talotekniikan automaatio. 2. korj. p. Penan tieto-opus.

Hengitysliitto Heli Ry:n opas. 2008. Terveellisen asumisen ABC. Viitattu 19.4.2013.

http://www.heli.fi/content/Julkaisut_materiaalit/Sisailma_ ja_korjausoppaat/Terveellisen_asunnon_abc.pdf

Hengitysliitto. n.d. Hiilidioksidi. Viitattu 19.4.2013.

<http://www.heli.fi/Hengitysilma/Sisailma/Muita-sisailmaongelmia/Hiilidioksidi/>

HK Instruments Oy. n.d. Air velocity transmitter. Viitattu 8.4.2013

<http://int.hkinstruments.fi/avt>

HK Instruments Oy. n.d. Elektroniset paine-erokytkimet. Viitattu 8.4.2013

http://int.hkinstruments.fi/fi_dpt_flow_427

HK Instruments Oy. n.d. Flow meter for fun control. Viitattu 8.4.2013

http://int.hkinstruments.fi/dpt_flow

HK Instruments Oy. n.d. Hiilimonoksidilähetin. Viitattu 8.4.2013

<http://int.hkinstruments.fi/page.php?hid=245>

HK Instruments Oy. n.d. Kalvotoimiset paine-eromittarit. Viitattu 8.4.2013

<http://int.hkinstruments.fi/page.php?hid=31>

HK Instruments Oy. n.d. Nestemanometrit. Viitattu 8.4.2013.

<http://int.hkinstruments.fi/page.php?hid=30>

HK Instruments Oy. n.d. Paine-erokytkimet. Viitattu 8.4.2013

<http://int.hkinstruments.fi/page.php?hid=32>

HK Instruments Oy. n.d. Paine-erolähettimet. Viitattu 8.4.2013

<http://int.hkinstruments.fi/paine-erolahettimet>

HK Instruments Oy. n.d. Paine-eromittari yläpisteen säädöllä. Viitattu 15.4.2013

<http://int.hkinstruments.fi/fi span 436>

Huonelämpötilasäädin HLS 21. 2012. Tekninen esite Produa. Viitattu 8.11.2013.

Huonelämpötilasäädin HLS 33. 2012. Tekninen esite Produa. Viitattu. 9.11.2013.

Huonesäädin HLS 34. 2012. Tekninen esite Produa. Viitattu 9.11.2013.

Huonesäädin valaistuksen ohjaukseen HLS 44-V. 2012. Tekninen esite Produa. Viitattu 11.11.2013.

Kaikki lämpöpumpuista. 2013. Ilmalämpöpumppu. Viitattu 16.6.2013

<http://www.lampopumppu.org/ilmalampopumppu/>

Kalliomäki, P. 2011. Suomen rakentamismääräyskokoelma D2 Rakennusten sisäilma-
to ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2012. Viitattu 19.4.2013

http://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012_Suomi.pdf

Korkala T & Laksola J. 2009. Ilmastointi hoito ja huolto. Helsinki. Kiinteistön Kustanus Oy.

Korkala T & Laksola J. 2012. Ilmastointi hoito ja huolto. Helsinki. Kiinteistön Kustanus Oy.

Lattialämmitys- / -jäähdytysäädin HLS 16. 2011. Tekninen esite Produa. Viitattu 8.11.2013.

Lattialämmitys- / -jäähdytysäädin HLS 35. 2009. Tekninen esite Produal. Viitattu 9.11.2013.

LVI talotekniikkateollisuus ry. 2012. Talotekniikkajulkaisut. Talotekniikkaopas - Perustietoa asuntojen taloteknisistä järjestelmistä.

Länsiväylä. 2011. Artikkelit länsiväylä-lehdessä. Älytalo säästää jopa energiaa asukkaan siitä tietämättä. Viitattu 9.5.2013.

<http://www.lansivayla.fi/artikkeli/43588-alytalo-saastaa-jopa-energiaa-asukkaan-siita-tietamatta>

Motiva. 2011. Hake- pilke ja halkokattilat. Viitattu 16.6.2013

http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/hake-pilke-ja-halkokattilat

Motiva. 2011. Huonekohtainen sähkölämmitys. Viitattu 20.6.2013

http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammonjaon_vaihtoehdot/huonekohtainen_sahkolammitys

Motiva. 2011. Kaukolämpö. Viitattu 16.6.2013

http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/kaukolampo

Motiva. 2011. Maakaasu. Viitattu 16.6.2013

http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/maakaasu

Motiva. 2011. Sähkövaraajat ja -kattilat. Viitattu 17.6.2013

http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/sahkovaraajat_ja_-kattilat

Motiva. 2011. Vesikeskuslämmitys. Viitattu 20.6.2013

http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammonjaon_vaihtoehdot/vesikeskuslammitys

Motiva. 2011. Öljylämmitys. Viitattu 17.6.2013

http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/oljylammitys

Motiva. 2013. Ilma-vesilämpöpumppu. Viitattu 16.6.2013

http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/ilma-vesilampopumppu

Motiva. 2013. Maalämpöpumppu. Viitattu 16.6.2013

http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/maalampopumppu

Motiva. 2013. Poistoilmalämpöpumppu. Viitattu 16.6.2013

http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/poistoilmalampopumppu

Seppänen O & Seppänen M. 1996. Sisäilmasto ja LVI-tekniikka. Helsinki. Sisäilmayhdistys Ry.

Sisäilmayhdistys. 2008. Epäpuhtaudet ja niiden torjunta. Viitattu 22.4.2013.

http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/perustietoa/epapuhautet_ja_niiden_torjunta

Työterveyslaitos. 2013. Valaistus. Viitattu 25.4.2013.

<http://www.ttl.fi/fi/tyoymparisto/valaistus/sivut/default.aspx>

Valvira. 2008. Uimahallien ja kylpylöiden sisäilmastoa koskevat terveydelliset ohjeet. Viitattu 3.5.2013.

http://www.valvira.fi/files/ohjeet/Oppaita_3_2008_Uimahallien_ilmavaihto_5.pdf

Valvira. 2012. Epäorgaaniset yhdisteet. Viitattu 19.4.2013.

http://www.valvira.fi/ohjaus_ja_valvonta/terveydensuojelu/asumisterveys/kemikaalit/epaorgaaniset_yhdisteet

Yleissäädin HS 2.2. 2010. Tekninen esite Produa. Viitattu 11.11.2013.

Ympäristö. 2011. Melutason ohjeavot. Viitattu 25.4.2013.

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=587&lan=fi>

Ympäristö. 2011. Meluntorjunta. Viitattu 25.4.2013.

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=318340&lan=fi>

Ympäristö. 2011. Rakennuksen ääneneristys ja meluntorjunta. Viitattu 25.4.2013.

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=46358#a2>

