



KIINTEISTÖHUOLLON OHJEISTUKSET JA TOIMINTAMALLIT

Energiatehokkuushanke Ecool

Erja Tuliniemi & Eveliina Kuokkanen (toim.)



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

Erja Tuliniemi & Eveliina Kuokkanen (toim.)

KIINTEISTÖHUOLLON OHJEISTUKSET JA TOIMINTAMALLIT

Energiatehokkuushanke Ecool



KYMEN
LAAKSON
LIITTO

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



XAMK KEHITTÄÄ 49

KAAKKOIS-SUOMEN AMMATTIKORKEAKOULU
KOTKA 2018

© Tekijät ja Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu

Kannen kuva: Petri Hurme, Vinkeä Design

Taitto ja paino: Grano Oy

ISBN: 978-952-344-099-9

ISBN: 978-952-344-100-2 (verkkójulkaisu)

ISSN: 2489-2467 (nid.)

ISSN: 2489-3102 (verkkójulkaisu)

julkaisut@xamk.fi

ESIPUHE

Tässä Kiinteistöhuollon ohjeistukset ja toimintamallit -teoksessa on esitetty Ecool-hankkeen (Ecool) aikana esille nousseita aihepiirejä ja tehtyjä havaintoja kiinteistöjen energiatehokkuusasioissa. Markkinoilta on saatavilla paljon erilaisia ohjeita, jotka kuvaavat energiatehokasta kiinteistöhuoltoa. Tämän teoksen tarkoituksena ei ole antaa kaiken kattavaa tietoa kyseisestä aihepiiristä vaan pikemminkin esitellä teemoja, jotka ovat nousseet esille Ecoolin aikana.

Teoksen ensimmäisessä osassa esitellään ohjeistuksia ja Ecool-kokemuksia ja toisessa osassa olevat toimintamallit antavat mahdollisuuden tarkastella oman kiinteistön toimintojen energiankulutusta toimintamallin aihepiirissä. Toimintamallien tarkoituksena on antaa suuntaa antava arvio kohteen nykytilanteesta. Toimintamallit on tehty Ecool-hankkeen aikana ja ne ovat laajennettavissa ja hyödynnettävissä muissa kohteissa.

Ecoolissa tehtiin energiakatselmointeja hankkeen kumppaneiden kohteissa. Kumppanit olivat VR Group, Maretarium, Kymijoen Ravintopalvelut Oy, Kotka-Kymin seurakunta, Mikkelin tuomiokirkkoseurakunta ja Virolahden kunta. Tarkastelukohteina olivat palvelu- ja koulurakennukset, kirkot, akvaariotalo, kylmäkeittiö ja junakaluston huoltohallit. Hankkeesta voi lukea lisätietoa hankkeen internetsivuilta (www.xamk.fi/ecool). Lisäksi hankkeen virallinen esite on liitteenä 1.

Tämä teos on tarkoitettu kiinteistöhuollon parissa työskenteleville ja muille energiatehokkuuden näkökohdista kiinnostuneille. Ohjeistukset ja toimintamallit -teoksessa esitettävät havainnot ja huomiot pohjautuvat hankkeen aikana kerättyyn tietoon, energiaselvitysten mittauksiin, tulosten analysointiin ja suoritettuihin toimenpiteisiin, jotka ovat suoritettu hankkeen kohteissa. Selvitysten yksityiskohtaiset raportit sisältävät luottamuksellista tietoa, minkä vuoksi kohteita ei ole esimerkeissä eritelty.

Kiitos hankkeen kumppaneille hyvästä yhteistyöstä ja avoimesta tiedonannosta.

Tekijät

TEKIJÄT, KAAKKOIS-SUOMEN AMMATTIKORKEAKOULU

EETU HIRVONEN, energiatekniikan insinööriopiskelija (AMK)

EVELIINA KUOKKANEN, DI, tutkimusinsinööri
Metsä, ympäristö ja energia -vahvuusala

HANNU SARVELAINEN, DI, lehtori
Rakennus- ja energiatekniikan koulutusyksikkö

MARKO SAXELL, DI, lehtori
Rakennus- ja energiatekniikan koulutusyksikkö

ERJA TULINIEMI, ins. (AMK), projektipäällikkö
Metsä, ympäristö ja energia -vahvuusala

YLÄKUVAT:

Eveliina Kuokkanen, Lämpö ja ilmavuotojen havaitseminen lämpökameralla, Lämpötilan merkitys, Lämpimän käyttövesikierron optimointi, Ilmanvaihdon tarkastelu, Ilmalämpöpumppujen tarkastelu, Paineilmavuotojen kustannuslaskuri

Xamk, päästömittaus, Lämminvesikattilat ja hyötysuhde

Petri Hurme, Vinkeä Design, Sähkötyöturvallisuus sähkömittauksissa

Ilmaiskuva, Pixabay, Kiinteistön valaistus

SISÄLTÖ

ESIPUHE	3
1 JOHDANTO	7
OSA 1 KIINTEISTÖHUOLLON OHJEISTUKSET	9
2 LÄMPÖ- JA ILMAVUOTOJEN HAVAITSEMINEN LÄMPÖKAMERALLA.....	10
2.1 Lämpö- ja ilmapuotojen havaitseminen	10
2.2 Havaintoja Ecoolissa	11
2.3 Huomiolistaus lämpö- ja ilmapuodoista.....	12
3 LÄMPÖTILAN MERKITYS	13
3.1 Lämpötilasuosituksia, toimenpiderajoja ja suunnitteluarvoja	13
3.2 Uuden YM:n asetuksen suunnitteluarvot huonelämpötiloille	15
3.3 Sisälämpötila ja lämmitysenergiankulutus	15
3.4 Havaintoja Ecoolissa	16
3.5 Huomiolistaus sisälämpötilasta	17
4 KIINTEISTÖN VALAISTUS.....	18
4.1 Valaistuksen energianäkökulma ja vaatimuksia.....	18
4.2 Valaistuksen tarkastelu kohteessa.....	19
4.3 Havaintoja Ecoolissa	20
4.4 Huomiolistaus valaistuksesta ja liiketunnistimista	21
5 LÄMMINVESIKATTILAT JA HYÖTYSUHDE	22
5.1 Yleistä lämminvesikattiloista	22
5.2 Lämminvesikattilat energiakatselmuksissa.....	23
5.3 Kattilan hyötysuhde.....	23
5.4 Häviöihin vaikuttavia tekijöitä	24
5.5 Kattilan palamishyötysuhteen määrittäminen	24
5.6 Kattilan vuosihyötysuhteen määrittäminen.....	27
5.7 Kattilan hyötysuhteen parantaminen	27
5.8 Havaintoja Ecoolissa	28
5.9 Ecool-sovellus savukaasujen LTO:hon	28
5.10 Huomiolistaus kattiloiden hyötysuhteesta	30
6 SÄHKÖTYÖTURVALLISUUS SÄHKÖMITTAUKSISSA	31
6.1 Kiinteistöjen sähkötekniset mittaukset.....	31
6.2 Sähkötyöturvallisuuskortin suorittaminen Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulussa	32

OSA 2 TOIMINTAMALLIT	33
7 LÄMPIMÄN KÄYTTÖVESIKIERRON OPTIMOINTI	34
7.1 Lähtökohta lämpimän käyttövesikierron optimointiin	34
7.2 Yleistä LKV-kierrosta.....	35
7.3 Vaatimukset lämpimälle käyttövedelle.....	36
7.4 Ohjeita määräysten toteuttamiselle.....	36
7.5 Toimintamalli: LKV-kierron optimointi ja esimerkkitapaus.....	36
8 ILMANVAIHDON TARKASTELU	39
8.1 Yleistä ilmanvaihdosta	39
8.2 Sisäilman laatu.....	40
8.3 Ilmanvaihdon energiakulutus	40
8.4 Havaintoja Ecoolissa.....	40
8.5 CO2-ohjaus	41
8.6 Toimintamallin käyttöohje	41
9 LÄMPÖPUMPPUJEN TARKASTELU	43
9.1 Yleistä.....	44
9.2 Käyttökohteet.....	44
9.3 Energiansäästö ja hyötysuhteet.....	45
9.4 Havaintoja Ecoolissa.....	45
9.5 Toimintamalli ilmalämpöpumppujen kannattavuustarkasteluun	46
10 PAINEILMAVUOTOJEN KUSTANNUSLASKURI	47
10.1 Paineilma yleisesti	47
10.2 Kompessorit.....	48
10.3 Paineilma ja energiatehokkuus.....	49
10.4 Havaintoja Ecoolissa.....	54
10.5 Paineilmavuotojen kustannuslaskentapohja	54
LÄHTEET	55
LIITTEET	59

JOHDANTO

Tämän oppaan ensimmäisen osion aiheet keskittyvät kiinteistöhuollon energiatehokkuuden huomioimiseen. Ohjeistusten ajatuksena on herättää miettimään aiheiden merkitystä omassa kiinteistössä. Aiheet on käsitelty lyhyesti ja ytimekkäästi tuoden samalla esille Ecoolin aikana tehtyjä havaintoja ja kokemuksia.

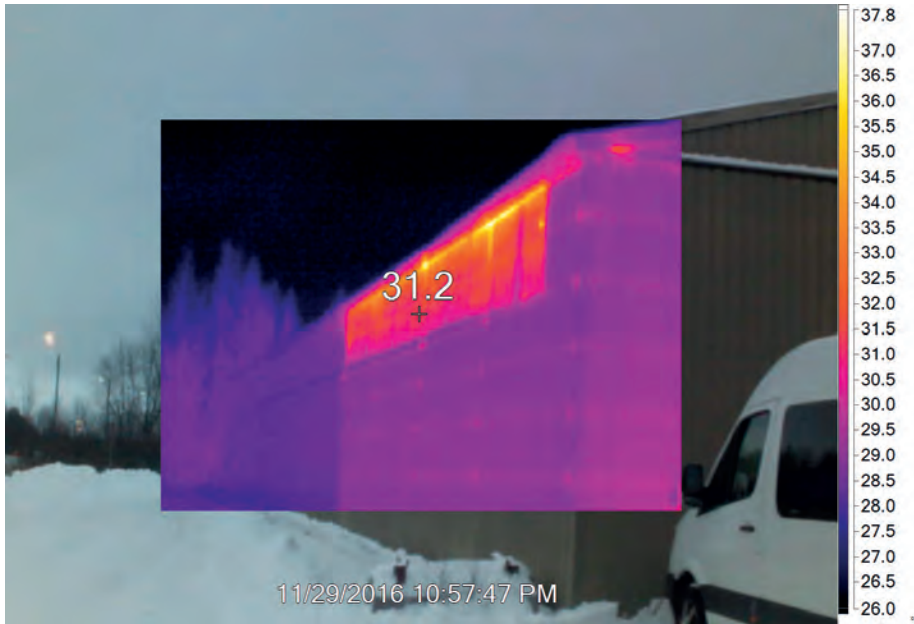
Ohjeistuksissa käydään läpi osa aiheista, jotka nousivat esille Ecoolin aikana. Aiheet käsittelevät lämpö- ja ilmapuotojen havaitsemista, lämpötilan merkitystä, kiinteistön valaistusta, lämminvesikattiloita ja hyötysuhteita sekä sähkömittausten sähköturvallisuutta. Ecoolissa tehtiin energiaselvityksiä hankkeen kumppaneiden kiinteistöille, ja muun muassa selvityksissä tehtyjä huomioita on esitetty ohjeistuksissa myös todellisin esimerkein. Ohjeistuksissa esitetyt huomiolistaukset tuovat esille aihepiirin asioita ytimekkäästi.

Oppaan toisessa osiossa esitetään Ecoolissa tehdyt toimintamallit, joiden tarkoituksena on auttaa kiinteistön energiatehokkuuden tarkastelussa ja ne toimivat myös ohjeistuksen näkökulmasta. Toimintamallien sisältö on avattu mahdollisimman tarkasti, jotta niiden hyödyntäminen olisi helppoa. Varsinaiset toimintamallit ovat erillisiä Excel-tiedostoja. Toimintamalleihin kuuluvat lämpimän käyttövesikierron optimointi, ilmanvaihdon tarkastelu, ilmalämpöpumppujen kannattavuustarkastelu ja paineilmapuotojen kustannuslaskuri.

OSA 1

KIINTEISTÖHUOLLON OHJEISTUKSET

2 LÄMPÖ- JA ILMAVUOTOJEN HAVAITSEMINEN LÄMPÖKAMERALLA



Eveliina Kuokkanen

2.1 LÄMPÖ- JA ILMAVUOTOJEN HAVAITSEMINEN

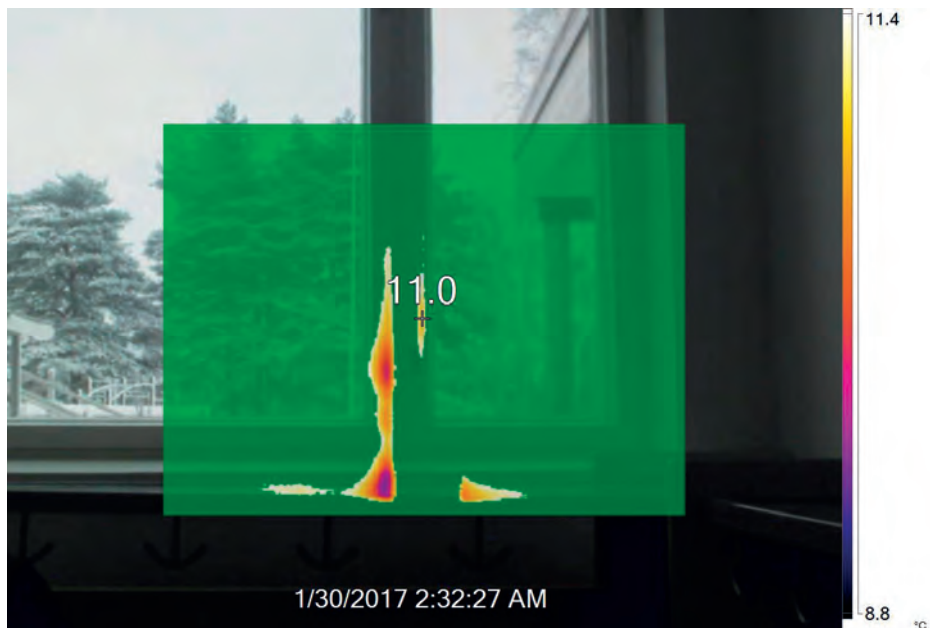
Lämpövuotoja eli kylmäsiltoja voi muodostua kiinteistön kantaviin rakenteisiin tai kohtiin, joissa eristetaso ei ole riittävä. Ilmavuotoja voi löytyä esimerkiksi seinän ja katon/lattian rajapinnoista sekä ikkunoiden ja ovien kiinnitysten kohdilta. (Paloniitty ym. 2016, 37–40.) Lämpö- ja ilmavuodot kuluttavat aina energiaa, ja esimerkiksi vedon tunne voi myös alentaa viihtyvyyttä. Lämpökamera on hyvä väline havaitsemaan lämpö- ja ilmavuotoja, mutta kameran oikeaoppiseen käyttöön tulee paneutua.

Lämpökameralla mitataan pintojen infrapunasäteilyä, eikä pinnan taakse voi nähdä lämpökameralla lukuun ottamatta erikoismateriaaleja, kuten infrapunaikkunoita. Kiiltävien pintojen kuvaamisessa tulee tietää, että suoraan kiiltävästä pinnasta (esimerkiksi kiiltävästä metallista) mitattu lämpötila voi olla virheellinen. Mitattava, kiiltävä pinta tulee ennen

mittausta pinnoittaa oikeansuuruisen lämpötilalukeman saamiseksi. Pinnoitteeksi kelpaa esimerkiksi maali tai pala teippiä. Lisäksi liian tuulinen sää voi estää lämpökuvauksen. Mikäli kohteelle suoritetaan lämpökuvauksia ulkona tuulisella ilmalla, voivat saadut lämpötilalukemat olla todellisia lukemia alhaisempia. (Hietanen 2018.) Lämpökuvauksia tekevän henkilön pätevyyteen onkin syytä kiinnittää huomiota, jotta kuvauksen tuloksista saadaan todellista hyötyä kiinteistölle.

2.2 HAVAINTOJA ECOOLISSA

Ecool-hankkeessa tehtyjen energiakatselmusten aikana todettiin eräissä kohteissa puutteita ovien ja ikkunoiden tiiviyksissä (kuva 1). Tilanteet olivat helposti havaittavissa lämmityskaudella lämpökuvauksessa. Lisäksi mitatut lämpötilaerot ovien läheisyydestä ja kauempaa voidaan selittää lämpö- ja ilmavuodolla. Energiahukan välttämiseksi ovien ja ikkunoiden tiivisteet olisi hyvä tarkistaa säännöllisesti. Lämpövuotoja havaittiin lisäksi eräissä kohteissa seinän ja katon välistä, joten ovien ja ikkunoiden tarkistamisen yhteydessä on hyvä käydä läpi muut mahdolliset rakennuksen lämpö- ja ilmavuotokohdat.



Kuva 1. Lämpövuotoa havaittavissa ikkunan tiivisteissä (kuva Xamk).

Yhden kohteen lämmönjakohuoneessa havaittiin reilu 6 MWh:n vuotuinen lämpöenergian häviö. Lämmönjakohuone sijaitsee ulkokulmassa, jossa on kaksi kevyesti eristettyä ulkoseinää ja huoneessa kaksi maakaasukattilaa. Kattiloiden säteilyhäviöt nostavat lämmönjakohuoneen lämpötilaa huomattavasti.

2.3 HUOMIOLISTAUS LÄMPÖ- JA ILMAVUODOISTA

Alla on esitetty huomionarvoisia seikkoja rakenteista ja vuodoista. Viimeisenä on esitetty lisätietolähteitä.

RAKENTEET

- Koska viimeksi ikkunoiden tiivistykset on tarkastettu?
- Onko seinien ja lattian/katon rajaa käyty lämpökameralla läpi?
- Onko rakennuksissa selkeitä kylmäsiltoja?

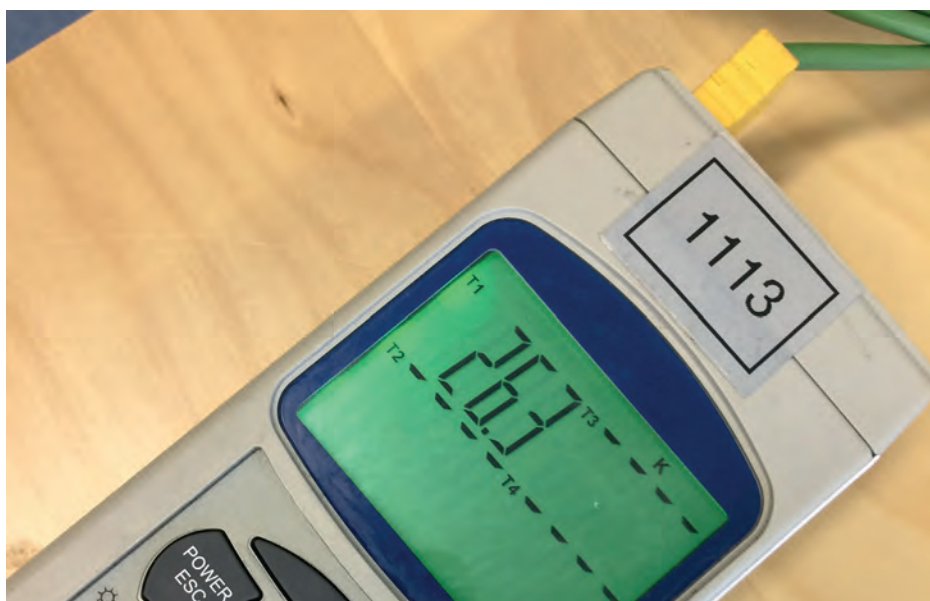
LÄMPÖKUVAUS

- Lämpökameratutkimus lämmityskaudella ilmiantaa lämpövuotokohtat sekä lämmityksen toimimattomuuden. Esimerkiksi vesikiertoisen patterilämmityksen toiminta voidaan todentaa lämpökameralla.
- Onko lämpökuvaksen suorittavalla henkilöllä riittävä pätevyys suorittaa kuvauksia?

LISÄTIETOA

- Lämpökuvaus rakentamisessa. Sauli Paloniitty, Juho Paloniitty ja Jouni Haimilahti. Rakennustieto. 2016.
- Sähkölaitteiston lämpökuvaus. Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. 2017.
- http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/rakennuksen_suunnittelu/kylmasillat

3 LÄMPÖTILAN MERKITYS



Eveliina Kuokkanen

3.1 LÄMPÖTILASUOSITUKSIA, TOIMENPIDERAJOJA JA SUUNNITTELUARVOJA

LÄMPÖTILASUOSITUKSET TYÖOLOIHIN

Sopivan lämpötilan määrittäminen on varsin haastava tehtävä, sillä jokainen kokee lämpötilan omalla tavallaan. Varsinaisia lämpötilojen raja-arvoja työoloihin ei ole laissa säädetty, mutta työsuojeluhallinto esittää muun muassa työn luonteen mukaisia lämpötilasuosituksia. Esimerkiksi erittäin kevyessä työssä lämpötila-alue 21–25 °C on suositusten mukainen. Taulukossa 1 on esitetty lisää suositeltavia lämpötiloja erityyppisille töille. Lämpötilasuositusten lisäksi taulukossa esitetään suositukset ilman virtausnopeuksille. Lämpötilalla on merkitystä työssä jaksamiselle ja terveydelle. Lisäksi on huomattava, että riski onnettomuuksille lisääntyy selvästi kylmissä ja lämpimissä olosuhteissa. (Työsuojeluhallinto 2017.)

Taulukko 1. Työtiloille suositeltavat lämpötilat (Työsuojeluhallinto 2017).

Työn luonne	Suosittelava lämpötila (°C)	Suosittelava ilman virtausnopeus (m/s)
Kevyt istumatyö	21–25	alle 0,1
Muu kevyt työ	19–23	alle 0,1
Keskiraskas työ	17–21	alle 0,5
Raskas työ	12–17	alle 0,7

ASUNTOJEN, PALVELUTALOJEN, VANHAINKOTIEN, PÄIVÄHOITO-PAIKKOJEN JA OPPILAITOSTEN LÄMPÖTILOJEN TOIMENPIDERAJAT

Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen 545/2015 asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista (asumisterveysasetus) liitteessä 1 esitetään toimenpiderajat sisälämpötiloille. Lämpötilojen toimenpiderajat on määritelty terveellisyyden näkökulmasta asunnoille, palvelutaloille, vanhainkodeille, päivähoitopaikoille ja oppilaitoksille sekä niitä vastaaville paikoille. Lämpötilan ollessa liian matala voi rakenteiden pinnoille kertyä kosteutta ja mikrobeja, jotka puolestaan ovat mahdollinen terveyshaitta. Lisäksi voi esiintyä vetoisuutta. Liian korkea sisälämpötila sen sijaan voi heikentää terveydentilaa etenkin heikkokuntoisilla ihmisillä. (Valvira 2016, 3, 12–14.)

Taulukkoon 2 on koottu asumisterveysasetuksen liitteessä 1 esitetyt toimenpiderajat, ja taulukosta voidaan nähdä, että lämmityskaudelle ja sen ulkopuolelle on huoneilman lämpötilalle asetettu eri toimenpiderajat. Esimerkiksi asunnoissa huonelämpötilan toimenpiderajat ovat 18–26 °C lämmityskaudella ja 18–32 °C sen ulkopuolella. Yleisesti ottaen ihmiset kokevat sopiviksi sisälämpötiloiksi talvella 20–22 °C ja vastaavasti kesällä 23–26 °C (Törmänen 2007).

Taulukko 2. Lämpötilojen asetetut toimenpiderajat asunnoille, palvelutaloille, vanhainkodeille, päivähoitopaikoille ja oppilaitoksille (STM:n asetus 545/2015).

	Toimenpiderajat (°C)	
	Asunnot	Palvelutalot, vanhainkodit, päivähoitopaikat, oppilaitokset
Huoneilma, lämmityskaudella	+18–+26	+20–+26
Huoneilma, lämmityskauden ulkopuolella	+18 –+32	päivähoitopaikat, oppilaitokset: +20–+32 palvelutalot, vanhainkodit: +20–+30
Seinäpinta, alin keskiarvolämpötila	+16	+16
Lattiapinta, alin keskiarvolämpötila	+18	+19
Pintalämpötila, alin pistemäinen	+11	+11

Asumisterveysasetuksen liitteessä 1 on esitetty myös vetokäyrä ilman virtausnopeudelle. Vetokäyrästä on esitetty otteita taulukossa 3. Vetokäyrän mukaan esimerkiksi 20 °C:n lämpötilassa ei ilman virtausnopeus saa olla 0,2 m/s suurempi. Lämpötilamittaus suoritetaan noin 1,1 m korkeudelta (STM:n asetus 545/2015, 6. §).

Taulukko 3. Raja-arvot ilman virtausnopeudelle suhteessa ilman lämpötilaan (mukaiillen STM:n asetus 545/2015).

Ilman nopeus (m/s)	Ilman lämpötila (°C)
noin 0,15	18
noin 0,2	20
noin 0,26	22
noin 0,32	24
noin 0,39	26

3.2 UUDEN YM:N ASETUKSEN SUUNNITTELUARVOT HUONELÄMPÖTILOILLE

Vuoden 2018 alussa voimaan tullessa ympäristöministeriön asetuksessa uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta säädetään suunnitteluvarvot huonelämpötiloille (1009/2017, 4. §), jotka on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Huonelämpötilojen suunnitteluvarvot (YM:n asetus, 4. §).

Ajankohta	Suunnitteluvarvo (°C)
Lämmityskauden suunnitteluvarvo	21
Lämmityskausi - hallinnan suunnittelun vaihteluväli	20–25
Lämmityskauden ulkopuolinen aika - hallinnan suunnittelun vaihteluväli	20–27

3.3 SISÄLÄMPÖTILA JA LÄMMITYSENERGIANKULUTUS

Työsuojelu- ja asumisnäkökulmien lisäksi lämpötilalla on suora merkitys energiankulutukselle – mitä korkeampi sisälämpötila, sitä suurempi energiankulutus. Tästä syystä kannattaa selvittää käyttötarkoitukseen soveltuvat lämpötilat ja välttää turhan korkean lämpötilan ylläpitoa. Motivan (2016) taloyhtiöille suunnatussa ohjeessa todetaan, että lämmitysenergian kulut kasvavat tai laskevat 5 prosentilla, kun huonelämpötila nousee tai laskee 1 °C:n verran.

Sisätilojen lämmitysenergian lisäksi rakennuksen lämmitysenergia sisältää lämpimän käyttöveden lämmitysenergian. Häviöiden suurentuminen lisää energiantarvetta. Lämpöenergiähäviöt koostuvat johtumislämpöhäviöistä ja lämmitysjärjestelmän häviöistä. Myös

lämmitysenergiankulutuksessa huomioidaan vuotoilman ja ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia. Teoriassa lämpöhäviötöntä rakennusta ei tarvitsisi lämmittää ollenkaan, mutta todellisuudessa rakennuksessa on aina johtumisesta aiheutuvia lämpöhäviöitä. (Sarvelainen ym. 2014.)

Lämmitystarve käyttöveden osalta on ympäri vuoden. Sisätilojen ja ilmanvaihdon lämmitystarve määräytyy vuorokauden keskilämpötilojen mukaan. Keväällä lämmitys lopetetaan, kun ulkolämpötila on noussut yli 10 °C:seen ja lämmitys aloitetaan syksyllä, kun lämpötila laskee alle 12 °C:seen. (Ilmatieteenlaitos s.a.)

Aiemmin on todettu, että sisälämpötilan lasku pienentää lämmitysenergian tarvetta, mutta myös häviöiden pienentäminen on merkittävä tekijä energiatehokkuuden parantamisessa. Häviöiden pienentyessä polttoaineen tarve ja hankintakustannukset pienenevät. (Benet 2018.)

3.4 HAVAINTOJA ECOOLISSA

Jokaisessa Ecool-kohteessa suoritettiin sisälämpötilamittaukset. Mittaustulokset vaihtelivat sopivista lämpötiloista tarpeettoman lämpimiin tai liian viileisiin. Poikkeaviin lämpötiloihin otettiin kantaa energiaselvitysraporteissa. Esimerkiksi patteriverkon tasapainoon ja lämpötilojen vaihteluun annettiin ehdotuksia. Näissä tapauksissa säätökäyrien tarkastelua ja muokkaamista suositeltiin. Eräässä kaukolämmitteisessä kohteessa toimistotilojen sisälämpötilojen pudottaminen 21 °C:seen mahdollistaisi yli 1000 €:n vuotuiset säästöt. Lähtötilanteessa kohteen sisälämpötilat olivat 23–24 °C:n molemmin puolin.

Eräässä Ecool-kohteessa ilmeni, että kiinteistön tuuletusluukkuja pidettiin auki kovilla pakkasilla koneellisesta ilmanvaihdosta huolimatta. Kaksi mahdollista syytä ovat huonosti toimiva ilmanvaihto ja/tai liian korkeaksi säädetty sisälämpötila. Energiatalouden kannalta ei ole järkevää yhtä aikaa lämmittää ja viilentää. Vastaavasti väliovia pidettiin eräässä Ecool-kohteessa auki, vaikka ulkolämpötila oli selvästi pakkasen puolella. Lämpökamerakuvat osoittivat, että ovista johtui lämpöä ulos. Väliovien kiinnipitäminen voisi vähentää lämpöhäviön määrää.

Eräässä kiinteistössä huomattiin osassa sähköpattereiden termostaateissa vikaa lämmittäen huoneita liian lämpimiksi. Termostaattien vaihtaminen toimiviin toisi kyseisen kiinteistön kohdalla arviolta noin 700 €:n vuotuiset säästöt lämmityskustannuksiin.

3.5 HUOMIOLISTAUS SISÄLÄMPÖTILASTA

Sisälämpötilaan liittyviä Ecool-hankkeen huomioita on listattu lyhyesti alla olevien otsikoiden alle. Viimeisenä on esitetty lisätietolähteitä.

KIINTEISTÖN LÄMPÖTILAN SOPIMATTOMUUS

- Säätekäyrän muokkaaminen auttaa laskemaan tai nostamaan huonelämpötilaa – patteriverkkoon menevän veden lämpötilan lasku 3 °C:lla laskee huonelämpötilaa 1 °C:n verran (Energiateollisuus 2015.)
- Kesällä liian korkeita lämpötiloja voidaan hallita myös yöjäähdytyksellä.
- Eri lämpötilat kiinteistön eri huoneissa voivat olla merkki patteriverkon epätasapainosta ja tilanne voi vaatia patteriverkon tasapainotusta. Myös termostaattien kunto kannattaa varmistaa.
- Lämpötilasäätöjen sopimattomuudesta kertoo esimerkiksi se, että talviaikaan huoneessa pidetään ikkunaa auki. Tämä voi johtua myös huonosta ilmanvaihdesta, jolloin pitäisi tarkastella myös ilmastoinnin toimivuutta.
- Ovatko ilmastoinnissa määritellyt lämpötilat kohteeseensa sopivat? (Ilmastoinnin ei kannata olla huonetilan pääasiallinen lämmittäjä, vaan sen tehtävä on tukea käytettyä lämmitysmuotoa.)

ILMALÄMPÖPUMPUT

- Ilmalämpöpumpuilla on energiansäästöpotentiaalia esimerkiksi sähkölämmitteisissä kohteissa.
- Aikoina, jolloin tiloissa ei oleskella (esimerkiksi yöaika) kannattaa ilmalämpöpumpujen asetuslämpötilaa muuttaa – lämmityksessä laskea ja jäähdytyksessä nostaa.
- Ilmalämpöpumpuilla ei kannata viilentää samaan aikaan, kun muu lämmitys on päällä. Myös automaattiasetuksissa kannattaa olla tarkkana, ettei laite lämmitä ja jäähdytä vuorotellen.
- Lisähuomiona ilmalämpöpumpuista: Ilmalämpöpumpun suodattimien puhdistus on tärkeää ilman puhtaudelle.

VEDON TUNNE

- Ovatko ikkunoiden tiivisteet kunnossa?
- Ovatko huonekalut riittävän kaukana lämpöpattereista?
- Toimiiko ilmanvaihtojärjestelmä optimaalisesti?

LISÄTIETOA

- Lämmönjakuhuoneen tarkastustoimenpiteet: Säätekäyrän asettaminen: https://www.youtube.com/watch?v=iPmm_x_wH_I
- Lämpöolot: <http://www.tyosuojelu.fi/tyoolot/fysikaaliset-tekijat/lampoolot>
- Oleskelutilojen lämpötila ja ilmanvaihto: http://www.valvira.fi/ymparistoterveys/terveydensuojelu/asumisterveys/fysikaaliset_olosuhteet

4 KIINTEISTÖN VALAISTUS



Eetu Hirvonen

4.1 VALAISTUKSEN ENERGIANÄKÖKULMA JA VAATIMUKSIA

Viihtyvyyden ja työturvallisuuden vuoksi on oleellista, että kiinteistön valaistus on tarkoituksenmukainen ja ajan tasalla. Nykyään on saatavilla paljon erilaisia valaistusvaihtoehtoja ja energiatehokkaita polttimoita, joiden ansiosta valaistus ei kuluta sähköä enää samassa määrin kuin aikaisemmin. Energiatehokkaita polttimoita ovat led-polttimet ja -putket sekä energiansäästölamput. Motivan oppaassa (s.a., 15) on esitetyt polttimoiden vaihtoesimerkkien tuomia säästöpotentiaaleja OSRAMin mukaan. Säästöpotentiaaleja on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Lampun vaihdon merkitys energian säästöpotentiaaliin (Motiva s.a., 15).

Kohde	Vaihto	Säästöpotentiaali vuodessa (kWh/ lamppu)	Säästöpotentiaali vuodessa (%/ lamppu)
Katuvalaistus, teollisuus	Elohopealampun vaihto suurpainenatrium- lamppuun	300	50
Toimistot, teollisuus	T8-loistelampun vaihto led-loistelamppuun	75	50
Toimistot, teollisuus	T8-loistelampun vaihto T5-valaisimeen sensorilla	140	65

Energiatohokkaan valaistuksen huomioimisen lisäksi tulee huolehtia työtilojen riittävästä valaistusvoimakkuudesta (lx). Standardissa SFS-EN 12464-1-2011 on esitetty erilaisten tilojen valaistusvoimakkuusvaatimuksia, joista on esitetty esimerkkejä taulukossa 6. Taulukossa on myös esitetty lukemat UGR- ja Ra-indekseille. UGR-indeksi (Unified Glare Rating) kuvaa kiusahäikäisyyden tasoa, ja taulukossa on esitetty indeksin maksimi-arvo. Ra-indeksi kuvaa värinvalaistuksen ominaisuuksia, ja taulukossa on esitetty pienin mahdollinen arvo. Värinvalaistus on tärkeää tiloissa, joissa oleskellaan paljon. (SFS-EN 12464-1: 2011, 24, 30, 34.)

Taulukko 6. Sisävalaistuksen vaatimuksia erityyppisten tilojen mukaan (SFS-EN 12464-1-2011, 38, 54, 58, 60).

Tila	Valaistusvoimakkuus (lx)	UGR-indeksi	Ra-indeksi
Pysäköintialueet	75 (lattiatasolla)	-	40
Portaikot, liukuportaat	100 (Huom. riittävä porraskäytävien kontrasti)	25	40
Hissit	100	25	40
Varastotilat	100 (200, mikäli työskennellään jatkuvasti)	25	60
Liikennealueet ja käytävät	100 (150 lattiatasolla, mikäli ajoneuvoja)	28	40
Lastausalueet	150	25	40
Talotekniset tilat	200	25	60
Luokkahuoneet, opetustilat	300	19	80
Toimisto (tietojenkäsittely)	500	19	80

Edellä esitettyjen vaatimusten lisäksi tulee huomioida muun muassa välittömässä läheisyydessä olevien alueiden valaistusvoimakkuudet sekä tausta-alueen valaistus. Hyvin tasapainotettu valaistus on miellyttävää katsoa eikä se rasita silmiä. Työpisteen välitön läheisyys on noin puoli metriä työpisteestä joka suuntaan ja tausta-alueen koko on noin 3 metriä suuntaansa (tilan rajallisuus huomioiden). Tausta-alueen valaistusvoimakkuuden tulee olla kolmasosan verran välittömän läheisyyden valaistusvoimakkuudesta. Seinillä valaistuksen täytyy olla vähintään 50 lx ja katossa vähintään 30 lx. (SFS-EN 12464-1: 2011, 16, 20, 22.)

4.2 VALAISTUKSEN TARKASTELU KOHTEESSA

Valaistusvoimakkuutta voidaan tarkastella hyvin yksinkertaisesti valaistusvoimakkuuden mittarilla. Kiinteistön valaistusvoimakkuuteen on hyvä kiinnittää huomioita energianäkökulman lisäksi siksi, että liian hämärä valaistus rasittaa silmiä ja saattaa pahimmassa

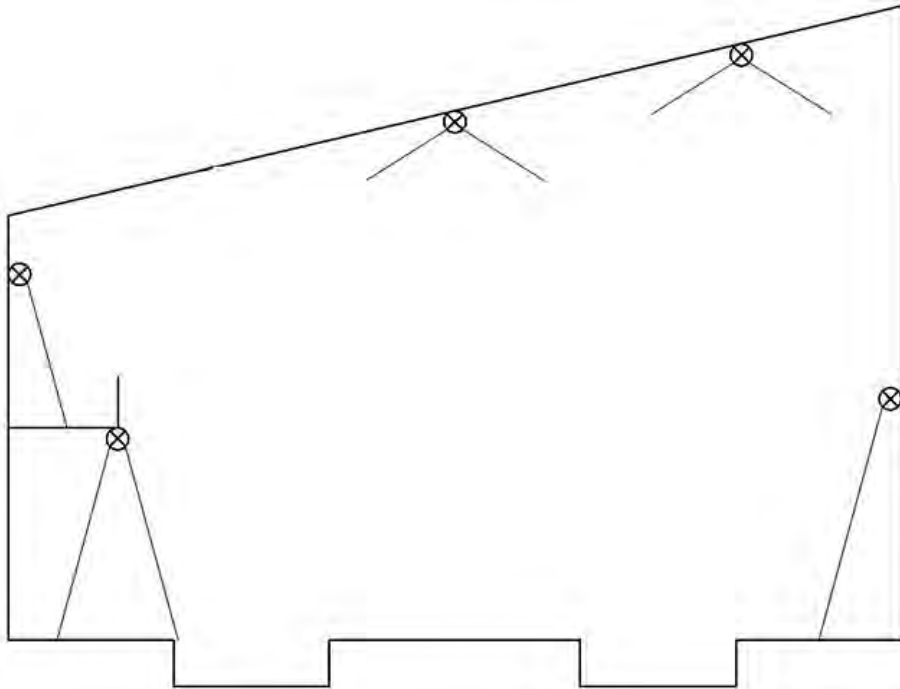
tapauksessa aiheuttaa vaaratilanteita. Liian kirkas valaistus aiheuttaa kustannuksia ja saattaa olla epämukava.

Mittausten yhteydessä on hyvä kiinnittää huomiota valaisimien likaisuuteen, sillä se saattaa heikentää valotehoa. Lisäksi huomioidaan päivänvalon vaikutus mittaustuloksiin ja arvioidaan valaistuksen laatua. Ecool-kohteissa mittaukset on suoritettu valaistusvoimakkuusmittarilla työtason mittauskorkeudelta seisomatyössä 90 cm ja istumatyössä 75 cm.

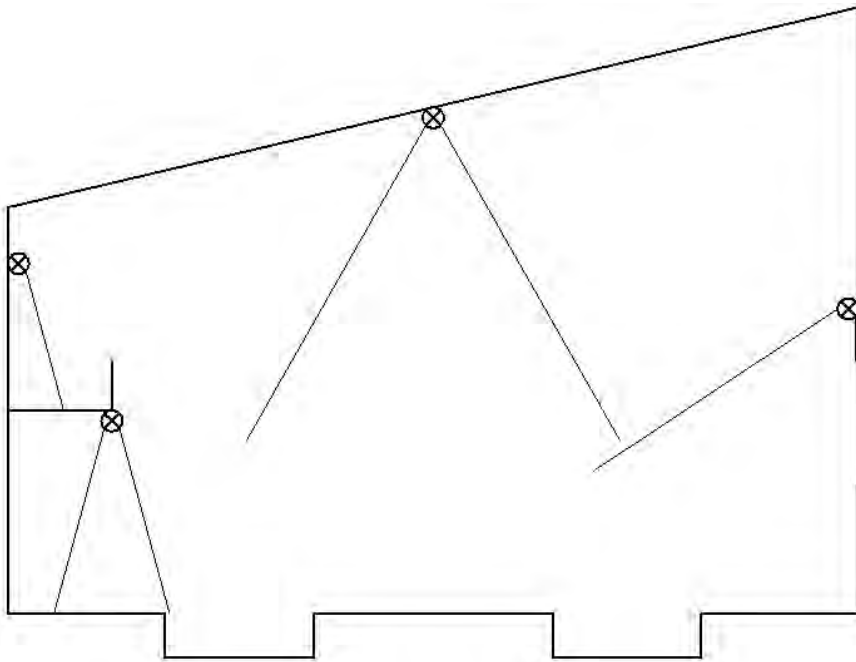
4.3 HAVAINTOJA ECOOLISSA

Monessa Ecool-hankkeen kohteessa on katselmuksen yhteydessä todettu, että valaistuksessa piilee selvä energiansäästöpotentiaali. Vaihtamalla polttimoita vanhojen polttimoiden mennessä rikki esimerkiksi led-polttimoihin ja välttämällä turhaa valojen päällä pitoa liiketunnistimilla, on mahdollista säästää huomattavia summia rahaa vuotuisasti. Eräissä kohteissa arvioitiin energiakatselmuksen yhteydessä, että vaihtamalla kohteen elohopeapolttimot led-polttimoihin säästettäisiin 15 MWh:n verran energiaa vuodessa. Sähkön hinnalla 80 €/MWh säästökäsi saataisiin 1200 € vuodessa, jolloin led-polttimoihin siirtymisen takaisinmaksuajaksi muodostuisi noin kolme vuotta. Toisessa kohteessa valaistuksen tarkoituksenmukaistamisen ja polttimoiden päivittämisen muodostama energiansäästöpotentiaali arvioitiin olevan noin 102 MWh vuodessa, mikä on lähes 7-kertainen ensimmäiseen esimerkkiin verrattuna.

Energiasäästöpotentiaalin lisäksi valaistusten toteutuksissa havaittiin eräissä Ecool-kohteissa kehittämisen varaa. Esimerkiksi eräissä huoltohallissa valaistus (kuva 2) oli järjestetty siten, että tilan yläosan valot eivät soveltuneet tilan käyttötarkoitukseen, ja oikealla seinällä oleva loisteputki oli suunnattu väärin. Hallin valaistukseen tehtiin muutosehdotus (kuva 3) energiaselvityksen yhteydessä. Ehdotetussa muutoksessa hallin yläosan valaisimet korvattaisiin tilaan paremmin sopivalla valaisimella ja seinän vieressä oleva valaisin suunnattaisiin paremmin. Näin saataisiin pidettyä hyvä ja tilan käyttöön soveltuva valaistuksen taso ja säästettyä kustannuksissa.



Kuva 2. Erään huoltohallin valaistus energiaselvityksen aikana (Kuva Niko Myllyviita).



Kuva 3. Muutosehdotus valaistukseen (Kuva Niko Myllyviita).

4.4 HUOMIOLISTAUS VALAISTUKSESTA JA LIIKETUNNISTIMISTA

Valaistukseen liittyviä huomioita on listattu lyhyesti alla olevien otsikoiden alle. Viimeisenä on esitetty lisätietolähteitä.

VALAISTUKSEN RIITTÄVYYS JA SOVELTUVUUS

- Onko valaistus riittävällä tasolla? Valaistuvoimakkuus on helppo tarkistaa yksinkertaisella lux-mittarilla.
- Onko valaistus oikea käyttökohde huomioiden? Esimerkiksi kohdevalaistus ei ole optimaalisin tapa valaista tilaa, jossa on tarve yleisvalaistukselle.
- Onko valaistusjärjestelmä jo vanha ja järjestelmän uusiminen ajankohtaista? Laajojen valaistuspäivitysten tekeminen vaatii asiantuntevaa valaistussuunnittelua.
- Ulkovalaistus kannattaa olla hämäräkytkimen perässä.
- Suurpainenatriumlamput on mahdollista korvata erilaisilla led-valaisimilla, joiden värintoisto on parempi.

VÄHÄN KÄYTETYT TILAT

- Esimerkiksi varastot, joissa ei oleskella pitkiä aikoja päivässä, voivat olla hyvä kohde asentaa liiketunnistin. Käytävävalaistus voitaisiin toteuttaa esimerkiksi siten, että käytön ulkopuolisena aikana käytävällä olisi himmeä valaistus. Tällöin käytävälle menijän ei tarvitse mennä pimeään käytävään.
- Liiketunnistin voi maksaa itsensä nopeasti takaisin, mikäli valoja pidetään muuten turhaan päällä.

LÄMPÖENERGIA

- Valaisimet tuottavat valon lisäksi lämpöä vaihtelevissa määrin, mikä on hyvä ottaa huomioon varsinkin suuritehoissa lamput. Kylmätiloissa suuritehoiset valaisimet voivat lisätä jäähdytyslaitteiston kuormitusta.

LISÄTIETOA

- <https://valaistustieto.fi/>
- <https://lampputieto.fi/>
- https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/hyva_arki_kotona/lamput_ja_valaistus

5 LÄMMINVESIKATTILAT JA HYÖTYSUHDE



Hannu Sarvelainen & Eveliina Kuokkanen

5.1 YLEISTÄ LÄMMINVESIKATTILOISTA

Lämminvesikattilalla tarkoitetaan laitetta, jolla lämmitetään vettä rakennuksen lämmitykseen ja lämpimän käyttöveden tuottamiseen. Yleensä lämmöntuotantoon käytetään erilaisia polttoaineita. Joissakin tapauksissa energiaa tuotetaan myös sähkövastuksen avulla. Yksittäisissä kaukolämpöverkon ulkopuolella olevissa rakennuksissa käytetään yleensä lämpöteholtaan alle 1 MW:n kattiloita. Kaukolämpöverkkoon kytketyissä rakennuksissa on lämmönjakokeskus, johon tuodaan lämpöenergiaa kaukolämpöverkosta. Kaukolämpöverkossa on lämmöntuottajina voimalaitoksien lisäksi lämpökeskuksia, joissa lämminvesikattiloiden lämpöteho on yli 1 MW. (Huhtinen ym. 2008.)

5.2 LÄMMINVESIKATTILAT ENERGIAKATSELMUKSISSA

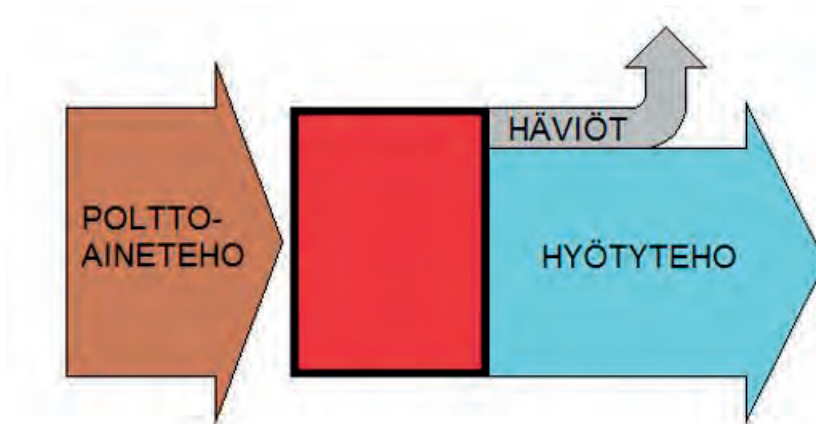
Energiakatselmuksen yleisohjeen mukaan kattilalaitoksesta tai yksittäisestä kattilasta on määritettävä hetkellinen palamishyötysuhde ja laskettava vuosihyötysuhde. Palamishyötysuhteella tarkoitetaan hetkellisesti mitattujen tehojen suhdetta. Vuosihyötysuhde tarkoittaa vuositasolla tarkasteltavien energiamäärien suhdetta. Vuosihyötysuhde lasketaan palamishyötysuhteiden perusteella. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2018, 34.)

Ecoolissa tehdyissä energiakatselmuksissa lämmityskattilan tarkastelu jaettiin seuraaviin päävaiheisiin:

- Kattilassa käytetyn polttoaineen selvitys
- Kattilan silmämääräinen kuntotarkastelu (eristeet, vuodot yms.)
- Savukaasujen jäännöshapen ja lämpötilan mittaus
- Kattilan hyötysuhteen määrittäminen nykytilanteessa
- Kattilan hyötysuhteen määrittäminen uudessa tilanteessa
- Säästöpotentiaalin laskenta
- Muutosehdotusten ja säästöpotentiaalin esittäminen työn tilaajalle.

5.3 KATTILAN HYÖTYSUHDE

Kuvassa 4 on esimerkki palamishyötysuhteen periaatteesta. Kattilasta mitataan arvoja, joilla voidaan määrittää polttoaine-, hyöty- ja häviötehoa. Näiden perusteella voidaan laskea, kuinka suuri osuus polttoainetehosta saadaan hyötytehoksi. (Huhtinen ym. 2004, 101–117.)



Kuva 4. Palamishyötysuhteen periaate.

Palamishyötysuhde voidaan määrittää joko suoralla tai epäsuoralla menetelmällä. Suorassa menetelmässä (yhtälö 1) hyötysuhdetta tarkastellaan hyötytehon ja polttoainetehon suhteena. Epäsuorassa menetelmässä (yhtälö 2) tarkastellaan häviöiden osuutta polttoainetehosta. (Huhtinen ym. 2004, 101–110.)

$$\eta = \frac{\Phi_{\text{hyöty}}}{\Phi_{\text{polttoaine}}} \quad \text{Yhtälö 1.}$$

$$\eta = 1 - \frac{\Phi_{\text{häviö}}}{\Phi_{\text{polttoaine}}} \quad \text{Yhtälö 2.}$$

Polttoaine- ja häviötehon määrittäminen on yksinkertaista, kun polttoaineena on kaasu tai neste. Tällöin palamishyötysuhde voidaan määrittää helposti epäsuoralla menetelmällä. (Huhtinen ym. 2004, 101–110.)

5.4 HÄVIÖIHIN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ

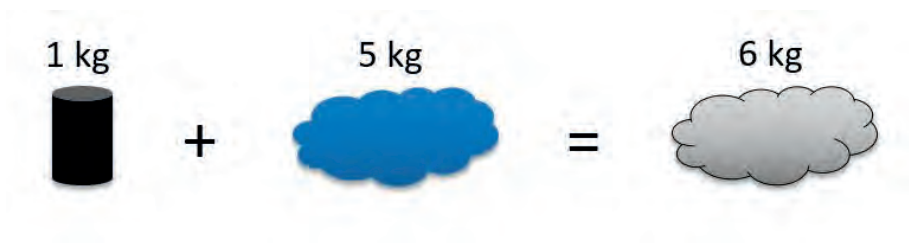
Kiinteiden polttoaineiden kattiloita koskevat käytönaikaiset lämpöhäviöt muodostuvat savukaasujen sisältämästä lämpöenergiasta, kattilan ympärillensä luovuttamasta lämpöenergiasta sekä tuhkan sisältämästä palamattomasta polttoaineesta ja lämpöenergiasta. Nämä vaikuttavat samalla hyötysuhteeseen. (Wahlroos 1980, 311–317). Maakaasukattilan käytönaikaiset lämpöhäviöt muodostuvat edellä mainituista tekijöistä lukuun ottamatta tuhkanäkökulmaa, ja palamattoman polttoaineen osuus on normaalisti vähäinen. Maakaasu on rikitöntä, ja maakaasun polton savukaasut voidaan jäähdyttää alhaiseen lämpötilaan vesikastepisteen ollessa merkityksellinen tekijä. (Suomen kaasuyhdistys 2014, 7, 21–22.)

Öljykattiloilla palamishyötysuhteeseen vaikuttavat savukaasuhäviö ja palamattoman polttoaineen osuus. Palamattoman polttoaineen osuus on normaalisti vähäinen öljykattiloissa. Palamaton polttoaine on hiilimonoksidina savukaasussa tai hiilenä lentotuhkassa. (Huhtinen ym. 1999, 400.) Savukaasujen sisältämä lämpöenergia aiheuttaa yleensä suurimman häviön kattilaan (Huhtinen ym. 2004, 101–110).

5.5 KATTILAN PALAMISHYÖTYSUHTEN MÄÄRITTÄMINEN

Kattilan hyötysuhteen määrittäminen perustuu kattilaan syötettävien ainevirtojen määrien ja niiden energiasisältöjen tarkasteluun. Kattilaan syötetään palamisilmaa ja polttoainetta. Palamisilmaa tarvitaan aina jonkin verran tarvittavaa minimi-ilmamäärää enemmän, jotta palaminen tapahtuisi täydellisesti (ilmakerroin yli 1). Nestettä ja kaasua poltettaessa muodostuu vain savukaasua. Kiinteiden polttoaineiden poltossa muodostuu savukaasun lisäksi jonkin verran tuhkaa. (Huhtinen ym. 2004, 101–110.)

Kuvassa 5 on esimerkki palamisen massataseesta. Kun polttoainetta poltetaan 1 kg, ilmaa tarvitaan 5 kg ja savukaasua muodostuu 6 kg (kun polttoaine on nestettä tai kaasua).



Kuva 5. Esimerkki palamisen massataseesta.

Teoreettinen ilmantarve vaihtelee polttoaineesta riippuen ja tämä arvo on laskettavissa erilaisille polttoaineille. Palamisilmakerroin voidaan laskea mittauksien perusteella, jolloin voidaan selvittää todellinen ilmamäärä ja muodostuvien savukaasujen määrä. (Huhtinen ym. 2004, 101–110).

Kattilan palamishyötysuhde voidaan määrittää epäsuoralla menetelmällä, kun tiedossa on käytettävän polttoaineen lämpöarvo, kattilan ainevirtojen suhteet ja savukaasun lämpötila.

Neste- ja kaasupolttoaineiden tapauksessa hyötysuhde voidaan määrittää häviöiden osalta riittävällä tarkkuudella pelkästään savukaasun termisen lämmön perusteella. Palamattomia aineita muodostuu savukaasuihin yleensä hyvin vähän ja tämä ei näy käytännössä hyötysuhteessa. Säteilys- ja johtumishäviöt ovat myös pieniä, mutta niiden voi olettaa kuitenkin olevan esimerkiksi 1 % kattilaan syötetystä polttoainetehosta. (Huhtinen ym. 2004, 101–110).

Seuraavassa esitetään esimerkki palamishyötysuhteen määrittämisestä, johon käytetään yhtälöä 3.

$$\eta = 1 - \frac{\phi_{\text{häviö}}}{\phi_{\text{polttoaine}}} = 1 - \frac{q_{msk} c_{psk} (T_{sk} - T_v)}{q_{mpa} H} \quad \text{Yhtälö 3.}$$

Määrittämistä varten tarvittavat lähtötiedot ovat:

- polttoaineen lämpöarvo 50 MJ/kg (maakaasu)
- savukaasuja muodostuu 25,22 kg/kgpa
- savukaasun lämpötila 180 °C
- vertailulämpötila 25 °C
- savukaasun ominaislämpökapasiteetti 1,1 kJ/kg°C (arvio).

$$\eta = 1 - \frac{25,22 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot 1,1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \cdot (180 - 25)^\circ\text{C}}{1 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot 50\,000 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} = 0,914 = 91,4\% \quad \text{Yhtälö 4.}$$

Yhtälöön 3 sijoitetut lähtötiedot antavat hyötysuhteeksi noin 91 % (yhtälö 4). Maakaasukattila toimii normaalisti noin 95 % hyötysuhteella, joten todellisessa tilanteessa vastaavanlainen tulos (91 %) vaatisi prosessin lähempää tarkastelua.

Palamisessa käytettävän ilman määrällä on merkitystä hyötysuhteelle – liian suuri tai pieni ilmakerroin pienentävät hyötysuhdetta. Esimerkiksi liian vähäinen happipitoisuus polton yhteydessä lisää hiilimonoksidin muodostumista. (Suomen kaasuyhdistys 2014, 15–16.) Hiilimonoksidin muodostumisessa saatava lämpöenergia vastaa neljäsosaa siitä energiasta, joka saadaan hiilidioksidin muodostumisen yhteydessä. Paloprosessia pidetään toimivana, kun hiilimonoksidin pitoisuus savukaasuissa on 30–100 ppm. (Huhtinen ym. 2004, 91.) Liian suuri ilmakerroin aiheuttaa sen sijaan lämpöenergian hukkaamista palamiseen tarpeettoman ilmaisuuden lämmittämisen muodossa (Wahlroos 1980, 33–34).

5.6 KATTILAN VUOSIHYÖTYSUHTEN MÄÄRITTÄMINEN

Vuosihyötysuhde määritetään painotettuna keskiarvona ajanjaksoista, joissa tietty hetkellinen hyötysuhde esiintyy. Jos hyötysuhde säilyy koko ajan vakiona esimerkiksi 95 %:ssa, on vuosihyötysuhde myös 95 %. Jos taas esimerkiksi talvella kylmänä ajanjaksona (arvio 1000 h) kattilan veden on oltavaa kuumempaa kuin kesällä ja hyötysuhde on vain 93 %, on vuosihyötysuhde 94,8 %, yhtälö 5. (Huhtinen ym. 2004, 101–110).

$$\frac{1\,000\text{ h}}{8\,760\text{ h}} \cdot 93\% + \frac{7\,760\text{ h}}{8\,760\text{ h}} \cdot 95\% = 94,8\% \quad \text{Yhtälö 5.}$$

Hyötysuhteen määrittäminen kannattaa tehdä mahdollisuuksien mukaan eri vuodenaikoina (eri ulkolämpötiloilla), jotta voidaan varmistaa kattilan toimiminen hyvällä hyötysuhteella.

5.7 KATTILAN HYÖTYSUHTEN PARANTAMINEN

Kattilan hyötysuhteen parantaminen on yleensä mahdollista pelkillä säätötoimenpiteillä. Seuraavassa on esitetty tyypillisimmät asiat hyötysuhteen parantamiseksi Piispan (2018) mukaan:

- Palamisilmamäärän säätäminen sopivaksi, maakaasukattila toimii hyvin alhaisella savukaasun jäännöshapella (2 %), joka tarkoittaa ilmakertoimen arvoa 1,1. Kevyttä polttoöljyä poltettaessa sopiva ilmakerroin on 1,2 ja kiinteillä polttoaineilla 1,3
- Kattilan veden lämpötilan alentaminen tarpeenmukaiseksi, savukaasun loppulämpötila laskee ja säteily- ja johtumishäviöt pienenevät
- Kattilan nuohoaminen, varsinkin kiinteiden polttoaineiden tapauksessa savukaasun normaalia korkeampi loppulämpötila voi kertoa nuohouksen tarpeesta.

Yleensä palamisilman määrän alentaminen laskee myös savukaasujen lämpötilaa, koska savukaasut jäähtyvät paremmin pienemmällä virtauksella. (Piispa 2018.)

5.8 HAVAINTOJA ECOOLISSA

Neljässä Ecool-kohteessa on lämmityskattilat, joista kolme toimii maakaasulla ja yksi öljyllä. Kattiloiden tarkasteluissa on noudatettu energiakatselmuksen yleisohjetta ja kenttämitauksissa on kiinnitetty erityisesti huomiota savukaasujen lämpötilaan ja happi- ja hiilimonoksidipitoisuuksiin energiakulutuksen pienentämiseksi ja hyötysuhteen parantamiseksi. Taulukossa 7 on esimerkki säästöpotentiaalista hyötysuhteen muuttuessa. Molemmissa tapauksissa tarvitaan sama määrä hyötyenergiaa. Kun hyötysuhde nousee, kuluu polttoainetta vähemmän. Kustannukset ja hiilidioksidipäästöt pienenevät.

Taulukko 7. Esimerkki säästöpotentiaalista vuosihyötysuhteen muuttuessa.

	Ennen	Jälkeen	
Lämmitysenergian tarve vuodessa	500	500	MWh/a
Kattilan hyötysuhde	90	95	%
Polttoaine-energian tarve vuodessa	556	526	MWh/a
Maakaasun hinta	70	70	€/MWh
Polttoaineen vuosikustannus	38 888	36 842	€/a
CO ₂ -päästökerroin maakaasulle	202	202	kg _{CO₂} /MWh
CO ₂ -päästöt vuodessa	112 222	106 316	kg _{CO₂} /a

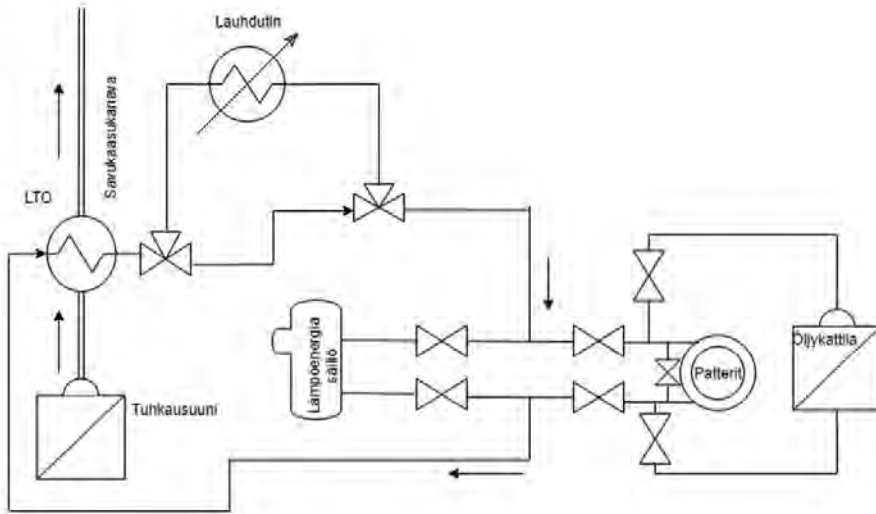
Yhdessä Ecool-kohteessa hyötysuhteen nostaminen energiaselvityksessä ehdotetulle tasolla toisi arviolta 740 €:n vuotuiset säästöt, eikä ehdotetun parannustoimen eli kattilan huollon takaisinmaksuaika ollut kuin alle puoli vuotta.

Toisessa Ecool-kohteessa polttoainekattiloiden hyötysuhteiden nostaminen muutamalla prosentilla vähentäisi polttoainekustannuksia vuotuisesti noin 1300 €:lla. Säästö muodostuisi vähentyneestä polttoaineen tarpeesta, johon savukaasujen lämpötilan laskulla olisi vaikutusta. Vaikutusta olisi myös savukaasuissa olevan ylimäärähapen pitoisuuden pienentämisellä.

5.9 ECOOL-SOVELLUS SAVUKAASUJEN LTO:HON

Sovelluksena krematorioon on Ecoolissa tarkasteltu krematorion savukaasujen lämmöntalteenoton mahdollisuuksia. Ajatuksena on hyödyntää hukkaan menevää energiaa kiinteistön lämmityksessä. Lisäksi taustalla on krematorioita koskeva ympäristölupa, joka edellyttää vähentämään elohopea-, hähkä- ja hiukkaspäästöjä. (Baltic Marine Environment Protection Commission 2008.)

Elohopean puhdistamiseksi savukaasuista on rakennettava puhdistuslaitteisto viilennyksellä, joka alentaisi savukaasut 130 °C:n lämpötilaan. Savukaasujen lämpötila ja virtaus vaikuttavat hyödynnettävissä olevaan energiamäärään. Kuvassa 6 näkyy lämmöntalteenottolaitteiston virtauskaavio, joka sisältää muun muassa lämmöntalteenoton, savukaasukanavan, lauhduttimen ja lämpöenergisäiliön eli vesisäiliön.



Kuva 6. Esimerkki lämmöntalteenottolaitteiston virtauskaaviosta (Heikkilä 2018, 15).

Kuvan 6 mukaisesti uunilta tuleva korkean lämpötilan savukaasu menee lämmöntalteenottoon, jossa lämpö siirtyy putkistossa kiertävään veteen. Lämmitetty vesi kiertää lämpöenergisäiliölle, jossa veden lämpöenergia siirtyy lämmönvaihtimen kautta säiliössä olevaan veteen. Mikäli säiliössä oleva vesi on jo maksimilämpötilassaan, ohjataan LTO:ssa lämmitetty vesi lauhduttimelle. Lauhduttimella vesi jäähtyy ja jatkaa jäähtyneenä kiertoaan kohti LTO:a. (Heikkilä 2018, 15–20.) LTO:n avulla savukaasuista saatava energia korvaa osittain öljykattilalla tuotettavan energian määrää, ja rakennuksen lämmitykseen kuluu aikaisempaa vähemmän polttoöljyä.

Lämpöenergisäiliön eli vesisäiliön valinnassa on huomioitava teknistaloudellisesti kannattavin valinta. Isompi varaaja varastoi enemmän energiaa, mutta investoinnin hinta ja lämpöhäviöt kasvavat. Vesisäiliön lämpöhäviöt tulevat hyötykäyttöön, jos säiliö sijaitsee sisätiloissa. Vesisäiliön vaihtoehtona toimii kaukolämpö, jolloin öljykattilalle ei ole enää tarvetta. Liityttäessä kaukolämpöverkkoon tuotetun lämpöenergian voisi syöttää kaukolämpöverkkoon ja tarpeen mukaan ostaa lämpöenergiaa omaan käyttöön. Kaukolämpöön liityessä ylijäämälämpöä ei pääse syntymään, jolloin lauhduttinta ei tarvita. Krematorioissa ja muissa pienissä polttolaitoksissa on potentiaalia savukaasujen lämmön hyödyntämiselle; täytyy vain selvittää teknistaloudellisesti paras vaihtoehto kyseiseen kohteeseen.

5.10 HUOMIOLISTAUS KATTILOIDEN HYÖTYSUHTEESTA

Kattiloiden hyötysuhteeseen liittyviä huomioita on listattu lyhyesti alle. Viimeisenä on esitetty lisätietolähteitä.

- Savukaasuanalyysi voi paljastaa huonon palamishyötysuhteen.
- Polttoaineen kulutuksen kasvaminen voi kertoa huollon tarpeesta.
- Kattila kannattaa huoltaa suositusten mukaisesti parhaan mahdollisen polton aikaansaamiseksi.

LISÄTIETOA

- Höyrykattilatekniikka. 6. painos. Markku Huhtinen, Arto Kettunen, Pasi Nurminen & Heikki Pakkanen. Opetushallitus.
- Maakaasukäsikirja. Suomen kaasuyhdistys. <http://www.kaasuyhdistys.fi/sisalto/kasikirja> 2014.
- Voimalaitostekniikka. Markku Huhtinen, Risto Korhonen, Tuomo Pimiä & Samu Urpalainen. Opetushallitus. 2008.
- Öljylämmitystekniikka. Markku Huhtinen, Olli Jalonen, Hannu Rauhala & Kai Virta. Öljy- ja kaasulämmitys Yhdistys ry. 1999.

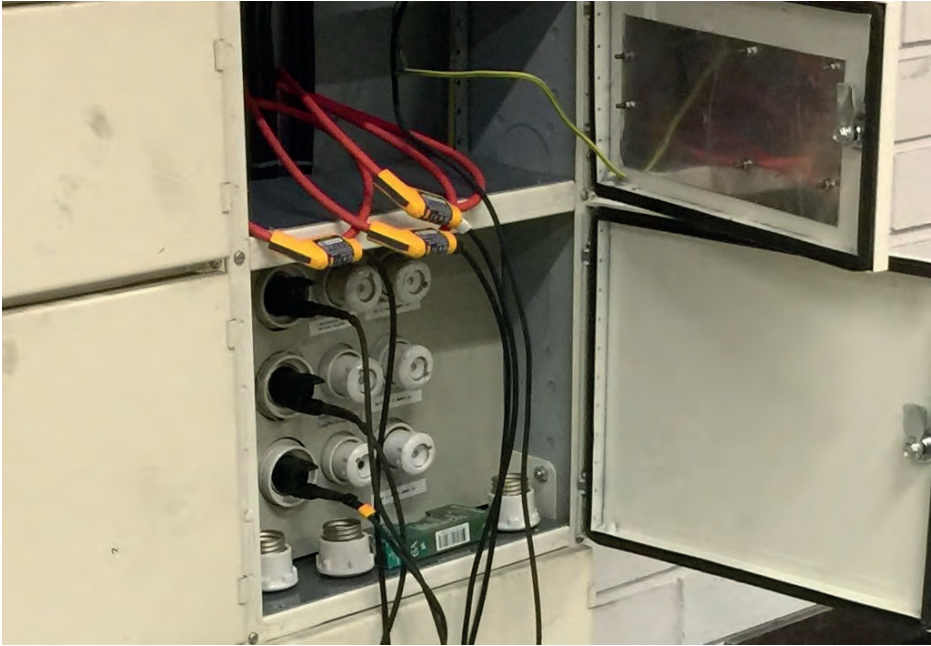
6 SÄHKÖTYÖTURVALLISUUS SÄHKÖMITTAUKSISSA



Marko Saxell

6.1 KIINTEISTÖJEN SÄHKÖTEKNISET MITTAUKSET

Sähköpätevät henkilöt saavat tehdä kiinteistöjen sähkömittauksia, joiden suorittaminen vaatii perehtyneisyyttä, tarkkuutta ja turvallisia työtapoja. Mittauksilla voidaan selvittää eri sähkölaitteiden energiankulutusta ja tätä kautta mahdollisia energiasyöppöjä ja säästökohteita. Mittauksia tehdään sähkönlaadun analyysointilaitteilla esimerkiksi sähkökeskuksista, ja on olennaista osana erottaa merkittävät tekijät vähäpätöisimmistä tekijöistä. Lisäksi todellisen kuormituksen selvittämiseksi mittauksen tulee edustaa normaalia tilannetta, jossa sähkölaitteita käytetään. Tällöin työturvallisuusnäkökulma korostuu entisestään, kun työskennellään jännitteisten osien ympärillä. Kuvassa 7 on esitetty sähkönlaadun analyysointilaitteen kytkentää eräässä Ecool-kohteessa.



Kuva 7. Sähkönlaadun analysoijan keskeneräinen kytkentä (Kuva Eveliina Kuokkanen).

6.2 SÄHKÖTYÖTURVALLISUUSKORTIN SUORITTAMINEN KAAKKOIS-SUOMEN AMMATTIKORKEAKOULUSSA

Standardin SFS 6002 mukaisen sähkötyöturvallisuuskortin voi suorittaa Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoululla Kotkan kampuksella auktorisoidun sähkötyöturvallisuuskouluttajan valvonnassa. SFS 6002 perustuu sähkötyöturvallisuuden kehittämiseen kenttämittauksissa. Koulutuksen kesto on joko 8 tai 12 tuntia riippuen koulutettavan lähtötasosta.

Koulutus sisältää seuraavat aihealueet ovat seuraavat:

1. Sähkön vaarallisuus
2. Lait, asetukset ja standardit
3. Turvallinen toiminta
4. Sähkötöitä tekevät henkilöt ja organisaatiot
5. Käyttöön liittyvät toimenpiteet
6. Työskentelykäytännöt
7. Kunnossapitokäytännöt.

Koulutuksen aihealueet on esitetty tarkemmin liitteessä 2. Koulutus tulee lisäksi sisältämään energiakatselmuksissa tehtävien kenttäkierrosten vaatimat lisätiedot, jotta kentällä tehtävät mittaukset ja mittalaitteiden käytöt voitaisiin suorittaa mahdollisimman turvallisesti.

OSA 2

TOIMINTAMALLIT

7 LÄMPIMÄN KÄYTTÖVESI-KIERRON OPTIMOINTI



Eveliina Kuokkanen

7.1 LÄHTÖKOHTA LÄMPIMÄN KÄYTTÖVESIKIERRON OPTIMOINTIIN

Lämpimässä käyttövesikierrossa (LKV-kierrossa) kierrätetään lämmintä käyttövettä putkistossa kiertovesipumpulla. Kierron tavoitteena on pitää lämmin käyttövesi lämpötilaltaan tasaisena estäen liian pitkän lämpimän veden odotusajan vesikalusteesta. Mikäli lämpimän käyttövedenkiertoa ei ole, tulee lämmin vesi varaajalta, jolloin lämmintä vettä joudutaan odottamaan ja kylmää käyttövettä valuu hukkaan. Lisäksi menetetään energiaa putkeen jäävään lämpimään veteen sitoutuneena jokaisen avauskerran jälkeen.

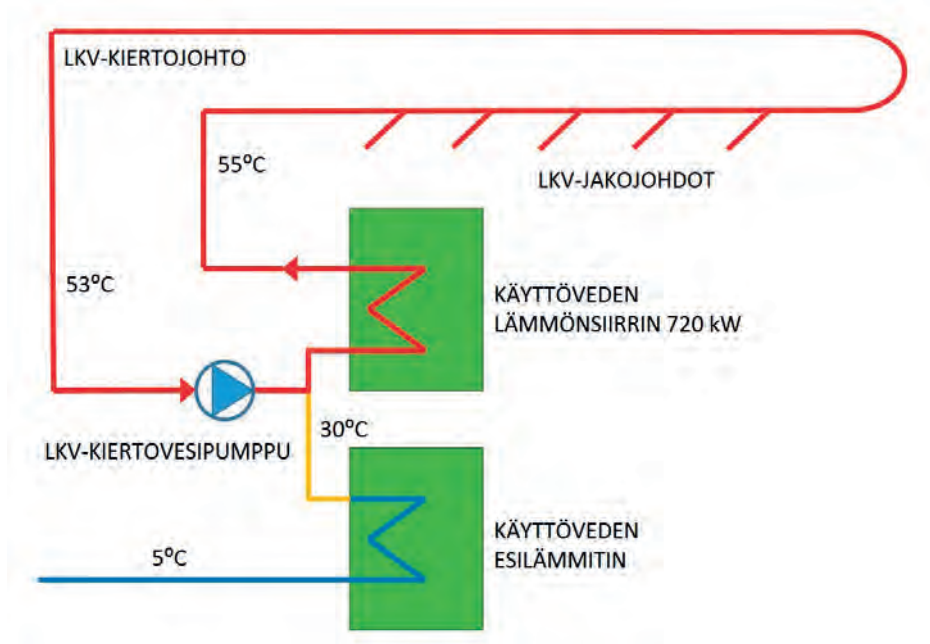
LKV-kierto aiheuttaa putkistossa lämpöhäviöitä. Lämpöhäviön osuus (kk/a) riippuu siitä, kuinka hyvin lämpöhäviö voidaan hyödyntää rakennuksen lämmityksessä. Vuodessa on vähintään kolme kuukautta (kesä–elokuu), jolloin lämpöhäviö on selvä monessa kiinteis-

tössä. Tämän lisäksi ylimääräinen lämpö voi aiheuttaa kustannuksia lisääntyneen viilennistarpeen vuoksi.

LKV-kierron optimoinnissa arvioidaan kierron lämpöhäviöiden ja toisaalta lämminvesivaraajan aiheuttaman veden- ja energiakulutuksen osuuksia. Toimintamallissa tilanteita verrataan keskenään ja saadaan karkea tilannekuva lämminvesivaraajan hankkimisen kannattavuudesta. Asiantuntija voi tarvittaessa tarkentaa tilannekuva.

7.2 YLEISTÄ LKV-KIERROSTA

LKV-kierto voidaan toteuttaa eri lämmitysmuodoilla, esimerkiksi kaukolämmöllä. Kuvas-
sa 8 on esitetty erään todellisen kohteen LKV-kierto. Kohteessa käyttövesi lämmitetään
kaukolämmöllä kahdella lämmönsiirtimellä. Lähtevän ja palaavan lämpimän kiertoveden
lämpötilaero on noin 2 °C.



Kuva 8. Lämpimän käyttövesikierron periaate eräässä kaukolämmitteisessä kohteessa (Sarvelainen 2018).

LKV-kierron arviointiin ja toteutukseen vaikuttavat vuonna 2018 voimaan astunut Ympäristöministeriön asetus vesi- ja viemärlaitteistosta (1047/2017). Kyseinen asetus koskee muun muassa uusien rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoja, mutta asetus koskee myös esimerkiksi muutos- ja korjaustöitä. Asetuksessa määrätään vesilaitteistosta saatavan veden laatuun ja turvallisuuteen liittyviä seikkoja, esimerkiksi terveydelle ei saa muodostua vaaraa käytettäessä vesilaitteiston vettä (4–5. §).

7.3 VAATIMUKSET LÄMPIMÄLLE KÄYTTÖVEDELLE

Lämminvesilaitteistossa olevan veden lämpötila tulee olla vähintään 55 °C, mutta lämpötila ei saa ylittää 65 °C. Lämpimän käyttöveden kiertojohtoon ei saa liittää lämmönluovuttimia, eikä vettä saa kierrättää lattialämmityksen kautta. Jo olemassa olevien rakennusten suhteen tähän on kuitenkin poikkeus, jolloin korjaus- ja muutostöiden yhteydessä voidaan aikaisemmin kiertojohtoon liitetyt lämmönjohtimet korvata uusilla lämmönluovuttimilla (ei koske lattialämmitystä tässäkin tapauksessa). Rajoituksena kuitenkin on, että lämmönluovuttimen lämmönluovutusaste huonetilaa kohden saa suurimmillaan olla 200 W. Lämpimän veden (vähintään 55 °C) odotusaika vesikalusteelle on enintään 20 sekuntia. (YMa rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista 1047/2017, 6. §, 8. §.)

7.4 OHJEITA MÄÄRÄYSTEN TOTEUTTAMISELLE

Vesi- ja viemärlaitteistot -oppaassa (Talotekniikkainfo 2018) annetaan ohjeita muun muassa edellisessä luvussa esitettyjen vaatimusten toimeenpanon mahdollistamiseksi. Oppaan ohjeisiin sisältyy muun muassa aiemmin voimassa olleen rakennusmääräyskokoelman (D1) ohjeita.

Oppaassa todetaan, että lämpimän käyttöveden jakojohdojen ja kiertovesiputkien eristekerroksen lämmönvastus tulee olla 1 m²K/W tai enemmän. Tämä on mahdollista saavuttaa muun muassa 50 mm paksuisella, lämmönjohtavuudeltaan 0,05 W/(m*K) olevalla eristeellä. Rakennusmääräyskokoelman asetuksen D1, liitteen 2 Vesilaitteiston mitoitusohjeita voidaan hyödyntää edelleen. Mitoitusohjeissa mainitaan, että kuparijohtojen syöpymisvaaran vuoksi suurin hyväksytty vedennopeus jatkuvalla lämpimän veden virtaukselle on 1,0 m/s mitoitusarvon ollessa kuitenkin 0,5 m/s. Lämpimän veden odotusaika vesikalusteelle saa olla enintään 20 sekuntia, mutta mitoitusajana kannattaa pitää lyhyempää, kuten 10 sekunnin, aikaa. Veden lämpötilavaatimukset pohjaavat pahimmillaan keuhkokuumetta aiheuttavan legionellabakteerin lisääntymisen ehkäisemiseen. (Talotekniikkainfo 2018, luku 2.)

7.5 TOIMINTAMALLI: LKV-KIERRON OPTIMOINTI JA ESIMERKITAPAUSET

LKV-kierron optimointi -toimintamallin tarkoituksena on vertailla LKV-kierron lämpöhäviön aiheuttamia kustannuksia lämminvesivaraajan aiheuttamiin kustannuksiin. Toimintamallissa on annettu ohjeet mallin täyttämiseksi sekä vinkkejä käytettävistä arvoista, jotka täydennetään keltaisiin soluihin.

Toimintamallissa lasketaan ensin lämpöhäviöiden osuus laskentatavalla 1 (suositeltu tapa) tai laskentatavalla 2, minkä jälkeen arvioidaan lämpöhäviön osuutta suhteessa koko lämmitettävän veden energiaan. Mikäli lämpöhäviön osuus on suuri, kannattaa tarkastelua jatkaa

loppuun asti. Toimintamallin loppuosassa arvioidaan lämminvesivaraajan käyttöön liittyviä seikkoja, jotka vaikuttavat hankinnan kannattavuuteen. Lopuksi on mahdollista arvioida lämminvesivaraajan ja mahdollisten sähköpattereiden takaisinmaksuaikaa.

Kuvat 9–12 ovat esimerkkejä toimintamallilla tehdystä tarkastelusta. Tarkastelun tiedot pohjautuvat todelliseen öljylämmitteeseen kiinteistöön, jossa on LKV-kierto.

LKV-KIERRON LÄMPÖHÄVIÖ	
Ensisijaisesti suositellaan käyttämään laskentatapaa 1, joka perustuu veden lämmityksen vaatimaan energiamäärään. Tarvittavan mittatiedon puuttuessa, voidaan käyttää laskentatapaa 2.	
Laskentatapa 1.	
1. Kiertojohdon menevän ja sieltä palaavan veden lämpötilaero <i>Arvo voi vaihdella noin 1-5 °C:een välillä</i>	5 °C
2. Kiertojohdossa olevan veden virtaama <i>Erään todellisen kohteen virtaama oli noin 700 l/h, mutta voi olla huomattavasti suurempi.</i>	1700 l/h = kg/h
3. Arvio kuukausien määrästä vuodessa, jolloin lämpöhäviö menee hukkaan <i>Lämpöhäviö voi olla osa rakennuksen lämmitystä, mutta etenkin kesäkuukausina lämpöhäviö menee hukkaan ja jopa lisää viilennystarvetta</i>	12 kk/a
4. Lämpöhäviö	86,663 MWh/a
5. Energian hinta <i>Kaukolämmön hinta on noin 60 €/MWh (2018, sis. alv 24%)</i>	83 €/MWh
6. Lämpöhäviön aiheuttama kuluarvio vuodessa	7193 €/a

Kuva 9. Arvioitu LKV-kierron lämpöhäviö esimerkkikiinteistölle laskentatavalla 1.

Laskentatapa 2.	
Laskentatapa 2 sekä taulukoiden 1 ja 2 tiedot perustuvat Lämmitysjärjestelmät ja lämmin käyttövesi -laskentaoppaaseen, Ympäristöministeriö, 15.9.2011, Saatavissa: http://www.ym.fi/download/noname/%7BCA99FFCB-627B-48C8-8EB0-607F36B178A5%7D/30751	
1. LKV-kiertojohdon lämpöhäviön ominaisteho (ks. taulukko 1)	30 W/m
2. LKV-kiertojohdon pituus (ks. taulukko 2)	350 m
3. Pumpun päälläoloaika <i>Oletus 24 h/vrk</i>	24 h/vrk
4. Arvio kuukausien määrästä vuodessa, jolloin lämpöhäviö menee hukkaan <i>Lämpöhäviö voi olla osa rakennuksen lämmitystä, mutta etenkin kesäkuukausina lämpöhäviö menee hukkaan ja jopa lisää viilennystarvetta</i>	12 kk/a
5. LKV-kiertoon liitettyjen lämmityslaitteiden ominaisteho	0 W/kpl
6. LKV-kiertoon liitettyjen lämmityslaitteiden määrä	0 kpl
7. Lämpöhäviö	91,980 MWh/a
8. Energian hinta <i>Kaukolämmön hinta on noin 60 €/MWh (2018, sis. alv 24%)</i>	83 €/MWh
9. Lämpöhäviön aiheuttama kuluarvio vuodessa	7634 €/a

Kuva 10. Arvioitu LKV-kierron lämpöhäviö esimerkkikiinteistölle laskentatavalla 2.

Laskennan tuloksena saadaan, että LKV-kierron lämpöhäviön suhde käytetyn lämpimän veden energiaan on merkittävä lämpöhäviön osuuden ollessa noin 94 % (kuva 11).

LKV-KIERRON LÄMPÖHÄVIÖN SUHDE KÄYTETYN LÄMPIMÄN VEDEN ENERGIAAN	
Lasketaan kulutetun veden lämmittämiseen käytetty energia	
1. Veden kokonaiskulutus	320 m ³ /a
2. Lämpimän veden osuus	30 %
<i>Lämpimän veden osuus kokonaiskulutuksesta on noin 30 %</i>	
3. Kulutettu lämpimän veden määrä	96 m ³ /a
4. Lämmitetyn veden lämpötila	55 °C
<i>Vaihtelee välillä 55 - 65 °C</i>	
5. Lämmitettävän veden lämpötila	5 °C
<i>Kylmän veden lämpötila on noin 5 °C</i>	
6. Lämmitykseen kulunut energia vuodessa	5,587 MWh/a
Verrataan lämpöhäviön osuutta lämpimän veden kokonaisenergiakulutukseen	
Lämpöhäviö, laskentatapa 1 + lämpimän veden energia vuodessa	92,250 MWh/a
Lämpöhäviö, laskentatapa 2 + lämpimän veden energia vuodessa	97,567 MWh/a
Lämpöhäviön osuus, laskentatapa 1	93,9 %
Lämpöhäviön osuus, laskentatapa 2	94,3 %
Mikäli lämpöhäviön osuus on suuri, voidaan lämpöhäviön aiheuttamia energiakuluja verrata sijoitettavan lämminvesivaraajan aiheuttamiin energiakuluihin ja kylmän veden juoksutuskuluihin.	

Kuva 11. Arvioitu LKV-kierron lämpöhäviön suhde käytetyn lämpimän veden energiaan esimerkkikiinteistölle.

Kuvassa 12 voidaan nähdä vertailun lopputulos, jossa on koottu yhteen lämpöhäviön aiheuttamat kustannukset ja kahden varaajan veden kulutus, lämpöhäviö ja sähkökustannus.

VERTAILU	
Mikäli vertailun tuloksena saadaan selvät erot LKV-kierron lämpöhäviökustannuksen ja varaajan aiheuttamien kustannusten välillä, voi olla tarpeellista arvioida tilanne tarkemmin asiantuntijan avulla ja harkita lämminvesivaraajan hankkimista.	
LKV-kierron lämpöhäviön ja pumpun aiheuttamat kustannukset vuodessa	
Laskentatapa 1	8349 €/a
Laskentatapa 2	8791 €/a
Varaajan aiheuttamat kustannukset vuodessa (veden kulutus, lämpöhäviöt ja sähkökustannus)	
Kustannukset yhteensä	1291 €/a

Kuva 12. Toimintamallin vertailun lopputulos esimerkkikiinteistölle.

Varaajien kustannusten arviointia varten on malliin lisätty muun muassa arvio hanan avauskerroista vuorokaudessa, varaajien yhteenlasketut lämpöhäviöt, hinnat ja tehot. Tässä esimerkissä varaajien takaisinmaksuajaksi tulisi molemmilla laskentatavoilla 0,2 vuotta. Toimintamallista saatu tulos esimerkkikiinteistössä kannustaa jatkamaan LKV-kierron luopumisen tarkastelua esimerkiksi alan asiantuntijan kanssa.

8 ILMANVAIHDON TARKASTELU



Eetu Hirvonen & Erja Tuliniemi

8.1 YLEISTÄ ILMANVAIHDOSTA

Ilmanvaihdolla poistetaan rakennuksesta ilman epäpuhtaudet ja tuodaan raikasta ilmaa tilalle. Ilmanvaihdon voi toteuttaa joko koneellisesti tai painovoimaisesti. Painovoimaisessa ilmanvaihdossa lämpötilaerot ja tuuli saavat aikaan paine-eron, joka kierrättää ilmaa. Koneellisessa ilmanvaihdossa voidaan joko puhaltaa pelkästään likaista ilmaa ulos, jolloin puhutaan poistoilmanvaihdosta. Jos myös raikasta ilmaa tuodaan sisälle puhaltimella, on kyseessä tulo- ja poistoilmanvaihto. Ilmastoinnista puhutaan silloin, kun tuloilmaa jäähdytetään tai kostutetaan. (Sisäilmayhdistys ry 2008a.)

Ilmanvaihto on pidettävä päällä vuorokauden ympäri, jotta rakennuksien jatkuvasti muodostuvien epäpuhtauksien pitoisuudet eivät pääse missään vaiheessa nousemaan haitalliselle tasolle. Ilmanvaihtoa sammuttamalla voi pahimmillaan saada aikaan homevaurion, kun kosteus ei poistu rakennuksesta kunnolla. Ilmanvaihtoa on myös syytä tehostaa työaikana, jolloin ihmisten tuottamat epäpuhtaudet saadaan poistettua. (Sisäilmayhdistys ry 2008a.)

8.2 SISÄILMAN LAATU

Hyvä sisäilma on tärkeää ihmisen terveydelle. Yksi yleisimmin huomatuista sisäilmaongelmista on tunkkaisuus, joka johtuu hiilidioksidin korkeasta pitoisuudesta. Liian korkea hiilidioksidipitoisuus johtuu riittämättömästä ilmanvaihdosta. Hiilidioksidipitoisuutta voidaan alentaa tehostamalla ilmanvaihtoa. (Sisäilmayhdistys ry 2008b.) Taulukossa 8 on esitetty sisäilman tavoitearvot hiilidioksidille, joka on yksi tekijä sisäilmastoluokituksessa (Sisäilmastoluokitus 2018, 7). 1150 ppm verran ulkoilmaa suurempi CO₂-pitoisuus on esitetty toimenpiderajaksi Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön asetuksen 8. pykälässä (545/2015). Sisäilman laatua voidaan seurata esimerkiksi hiilidioksidipitoisuuksien pitkäaikaismittauksilla, joilla saadaan selville ilman kierron ongelmakohdat kiinteistöissä.

Taulukko 8. Sisäilmastoluokituksen tavoitearvot eri luokissa hiilidioksidin suhteen (Sisäilmastoluokitus 2018, 7).

Sisäilmastoluokitus	Tavoitearvot, CO ₂ (CO ₂ -pitoisuuden lisäys ulkoilman pitoisuuteen)
S1	< 350 ppm
S2	< 550 ppm
S3	< 800 ppm

8.3 ILMANVAIHDON ENERGIAKULUTUS

Koneellinen ilmanvaihto kuluttaa sekä lämpö- että sähköenergiaa. Vanhat ilmanvaihtokoneet eivät usein ole yhtä energiatehokkaita kuin uudet, johtuen niiden hihnavetoisista puhaltimista ja huonommista LTO-järjestelmistä. Uudemmissa koneissa on usein taajuusmuuttajalla ohjatut suoravetoiset puhaltimet, joiden säädettävyyden sekä hyötysuhde ovat paremmat. Lisäksi LTO-järjestelmät ovat kehittyneempiä ja paremmalla hyötysuhteella toimivia. Vanhat koneet saattavat myös olla likaisia tai muuten vikaantuneita, joka laskee niiden tehokkuutta entisestään.

Ilmanvaihdon lämpöenergiakulutus voidaan määrittää tuloilman lämpötilan, lämmöntalteenoton hyötysuhteen ja ilmavirtojen avulla. Ilmavirrat saattavat lukea koneen kyljessä, mutta mahdollisuuksien mukaan ne kannattaa varmistaa mittaamalla kanavasta. Puhaltimien moottorien sähköenergiakulutus eri asennoissa saadaan selville mittaamalla.

8.4 HAVAINTOJA ECOOLISSA

Eräissä Ecool-kohteissa huomattiin, että toimistorakennuksen yksi ilmanvaihdon lisäaikapainike oli todennäköisesti jumiutunut aiheuttaen nopean käynnin ilmanvaihdon myös yöaikaan. Yöaikaan rakennuksessa ei ole toimintaa, joten kyseinen ilmanvaihto kuluttaa

turhaa energiaa ja aiheuttaa kustannuksia. Vian korjaamisen arvioitiin tuovan säästöjä noin 2200 € vuodessa. Jos aikaohjelmia tarkastellaan muutenkin vielä täsmällisemmiksi, voidaan säästöihin lisätä noin 500 € vuodessa lisää. Aikaohjelmien toimivuuteen ja tarkoituksenmukaisuuteen kannattaakin kiinnittää huomioita, sillä niissä voi piillä suuriakin kustannussäästöjä.

Erään kohteen ilmanvaihto toteutettiin osin hiilidioksidipitoisuuden perusteella. Katselmuksen yhteydessä todettiin anturivika CO₂-tason mittauksessa, minkä myötä ilmanvaihto oli kyseisen ilmanvaihdon piirissä jatkuvasti pienimmällä tasolla. Puutteellisesti toimivan ilmanvaihdon taustalla voi näin ollen olla myös jokin näennäisesti pieni tekijä, kuten rikki mennyt CO₂-anturi. Toisaalta vika voi olla esimerkiksi automaatiojärjestelmässä, joka ei pidä LTO:n pumppua päällä aiheuttaen systeemin huonon vuosihyötysuhteen (alle 10 %) kuten toisessa Ecool-kohteen tapauksessa. Tilanteen korjaaminen säästäisi lämmitysenergiakustannuksia vuositason yli 9000 €.

8.5 CO₂-OHJAUS

Ilmanvaihdon CO₂-ohjauksella voidaan saavuttaa säästöjä lämpö- ja sähköenergiassa. Kiinteistön kaikki tilat eivät välttämättä ole aktiivisessa käytössä samanaikaisesti, jolloin niiden ilmantarve on erilainen. CO₂-ohjauksella on mahdollista säästää energiaa, kun vähäisellä käytöllä olevien tilojen ilmanvaihtoa pienennetään. Ohjauksen toteuttaminen ei kuitenkaan välttämättä ole ongelmatonta, jos saman ilmanvaihtokoneen piirissä on useita tiloja. Tällöin kyseeseen voi tulla investointi CO₂-antureihin ja ilmanohjaukselaitteisiin.

8.6 TOIMINTAMALLIN KÄYTTÖOHJE

Toimintamalli laskee rakennuksen ilmantarpeen henkilöiden ja tilavuuden mukaan ja vertailee, kuinka paljon säästöjä CO₂-ohjauksella ja aikaohjelman muutoksella olisi mahdollista saavuttaa nykyiseen tilanteeseen verrattuna. Laskurista voi myös tarkastella pelkästään ihmisten tai tilavuuden aiheuttamaa ilmanvaihdon tarvetta.

Toimintamalli sisältää valmiiksi asetettuja arvoja, jotka on esitetty heti toimintamallin alussa. Arvot ovat ulkoilman CO₂-pitoisuus (400 ppm), sisäilman CO₂-pitoisuuden tavoitearvot 1 ja 2 (700 ja 900 ppm) ja oletus ihmisen tuottamasta hiilidioksidimäärästä (6,56 cm³/s). Oletus ihmisen tuottamasta hiilidioksidimäärästä on johdettu MET-arvoista ja hengitysosamäärästä. MET-arvot kuvastavat eri aktiivisuustasojen aiheuttamaa hapen- ja energiankulutusta (Kutinlahti 2015). Toimintamalliin valittiin 2 MET-arvo (kevyt työ) 70 kg kokoiselle ihmiselle, jolloin hapenkulutukseksi saadaan 8,2 cm³/s. Hapenkulutuksesta saadaan hiilidioksidituotanto näin ollen kertomalla hapenkulutus kertoimella 0,80 (hengitysosamäärä) (Nienstedt ym. 2014, 286). Näin toimintamalliin saadaan hiilidioksidituotannoksi 6,56 cm³/s.

Toimintamallin keltaisiin soluihin kohtiin 1–9 merkitään lähtötietoja (täydennettävät arvot) ja tarkastelun tulokset löytyvät alemmista vihreäksi värjätystä soluista. Lähtötietoihin merkitään asiakas/käyttäjämäärä, ilmavirta, ilmanvaihtokoneen päivittäinen käyntiaika tällä hetkellä ja ehdotus käyntiajaksi, tulo- ja poistopuhaltimien tehot, ajanjakso päivissä, palvelualueen tilavuus ja sähkön hinta. Tarkastelun tuloksina saadaan mm. uuden aikaohjelman ja tehokkuuden tuomat vuotuiset säästöt.

Toimintamallia voi käyttää esimerkiksi myös ilmanvaihtokoneen mitoittamiseen, kun tietoihin lisätään rakennuksen tilavuus (palvelualueen tilavuus) ja ihmismäärät.

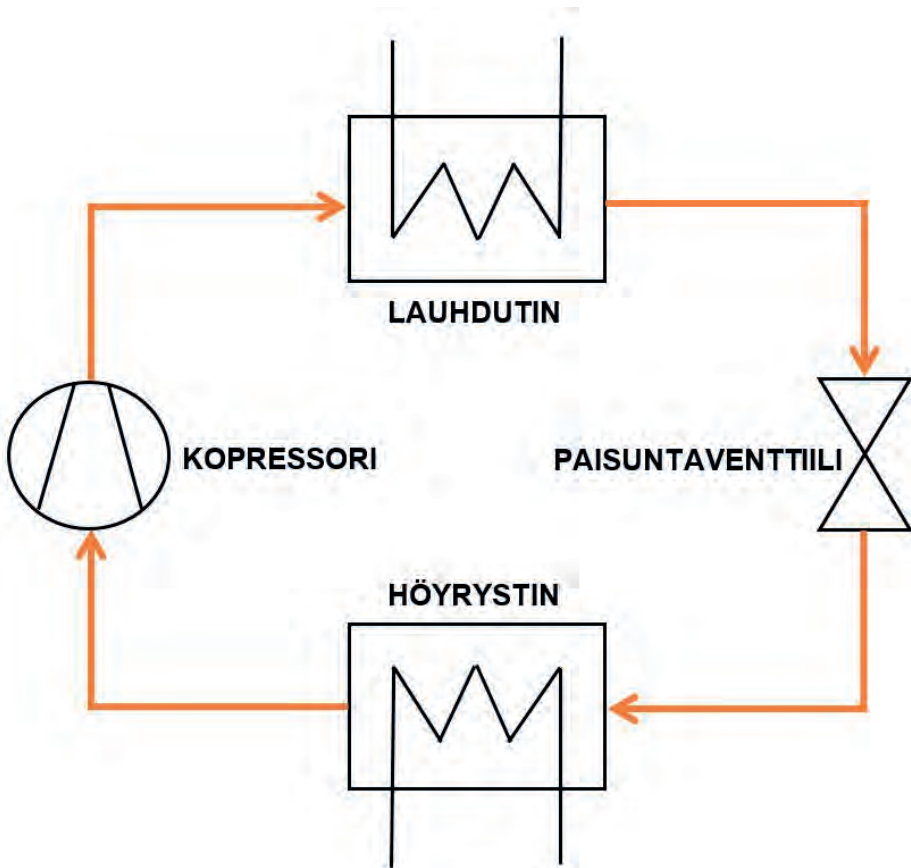
9 LÄMPÖPUMPPUJEN TARKASTELU



Eetu Hirvonen & Erja Tuliniemi

9.1 YLEISTÄ

Lämpöpumpulla voidaan siirtää energiaa kylmemmästä lämpimämpään. Lämmönsiirto tapahtuu kylmäaineen välityksellä, joka höyrystyy höyrystimessä ulko- tai poistoilman lämmöstä. Höyrystyminen sitoo kylmäaineeseen lämpöenergiaa, ja kun sitä puristetaan kompressorissa sen paine ja lämpötila nousevat, voidaan lämpöenergia siirtää lauhduttimella ilmaan tai veteen. Lauhduttamisen jälkeen kylmäaine menee paisuntaventtiiliin, jossa sen paine ja lämpötila laskevat, jotta se voi taas vastaanottaa lämpöenergiaa kylmästä ulkoilmasta. Kuvassa 13 on esitetty lämpöpumpun toimintaperiaate. (Motiva 2008.)



Kuva 13. Lämpöpumpun toimintaperiaate (mukaiillen Motiva 2008).

Ilma-ilmalämpöpumput, ilma-vesilämpöpumput, poistoilmalämpöpumput ja maalämpöpumput edustavat erityyppisiä lämpöpumppuja. Ilma-ilmalämpöpumppu ottaa ulkoilmasta lämpöä suoraan sisäilmaan. Ilma-vesilämpöpumppu siirtää ulkoilmasta energiaa veteen, jolloin se saadaan esimerkiksi patteriverkostoon kiertämään. Lämpöpumppu on mahdollista sijoittaa myös poistoilmakanavaan, jolloin osa ilmanvaihdon kuluttamasta lämpöenergiasta saadaan talteen. (Motiva 2008.) Maalämpöpumput ottavat kiinteistön tontin pintamaasta, kalliosta tai vedestä lämpöenergiaa kiinteistön tarpeisiin (Sulpu s.a. a.). Yleisin lämpöpumputyyppi on ilma-ilmalämpöpumppu (Sulpu s.a. b.).

9.2 KÄYTTÖKOHEET

Lämpöpumppuja käytetään usein lämmityksen tukena tai päälämmitysmuotona. Pelkällä Ilma-ilmalämpöpumpulla ei voida kattaa koko rakennuksen lämmitystä, mutta ilma-vesilämpöpumpulla ja poistoilmalämpöpumpulla se on mahdollista. Lämpöpumppuja voidaan myös käyttää rakennuksen jäähdyttämiseen. Jäähdyttäminen voi lisätä asumismukavuutta kesällä, mutta usein se myös kuluttaa paljon energiaa. (Motiva 2008.)

9.3 ENERGIANSÄÄSTÖ JA HYÖTYSUHTEET

Lämpöpumpuilla voidaan säästää energiaa lämmityksessä. Energiansäästö perustuu lämpöpumpun kykyyn tuottaa enemmän lämpöenergiaa, kuin mitä se kuluttaa sähköenergiaa. Varsinkin sähkölämmitteisissä kiinteistöissä säästö on tuntuva. Suoran sähkölämmityksen rakennuksissa ilmalämpöpumpuilla voidaan säästää pumpun tyypistä riippuen 30–60 % lämmitykseen kuluva energiakulutuksesta. Parhaat säästöt saadaan ilma-vesilämpöpumpuilla. (Motiva 2008.)

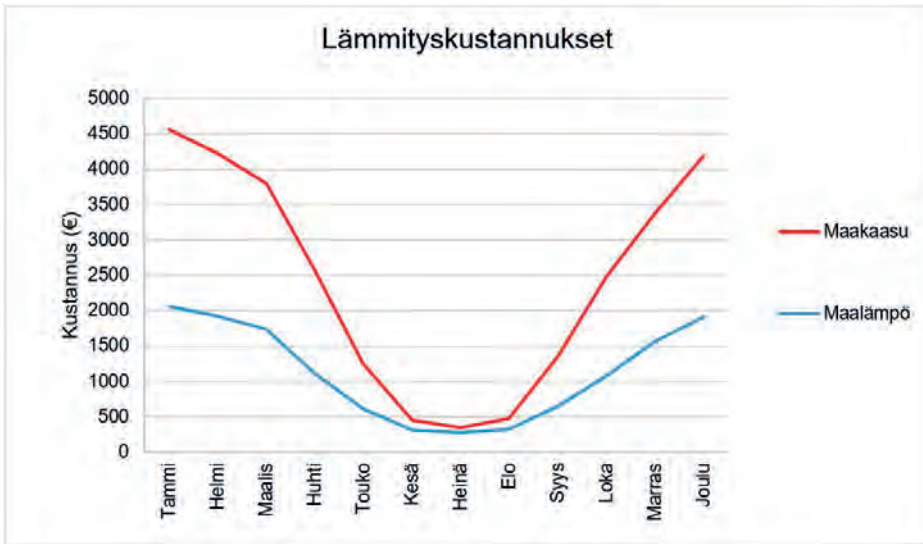
Suomen lämpöpumppuyhdistys ry:n (Sulpu s.a. a.) mukaan energiaa säästyy vuodessa 8–13 MWh ilma-vesilämpöpumpulla, 3–7 MWh poistoilmalämpöpumpulla ja 2–7 MWh ilma-ilmalämpöpumpulla, mikäli kiinteistön vuotuinen energiantarve (lämmitykseen ja käyttöveteen kuluva energia) on 25 MWh sähköä tai 3000 l öljyä.

Lämpöpumppujen yhteydessä puhutaan hyötysuhteesta (COP) ja vuosihyötysuhteesta (SCOP). COP-arvo (Coefficient Of Performance) kertoo lämpöpumpun lämpökertoimen eli sen, kuinka moninkertaisesti lämpöä tuotetaan sähkönkulutukseen verrattuna. Esimerkiksi COP-arvolla 5, lämpöpumppu tuottaa 5 kWh lämpöenergiaa 1 kWh:n sähkönkulutusta kohden. COP-arvo kuitenkin laskee mitä kylmempiin lämpötiloihin mennään, joten Suomen oloissa se ei välttämättä ole paras vertailukohde. Poistoilmalämpöpumpussa on se hyvä puoli, että poistoilman lämpötila ja samalla COP pysyvät vakiona vuoden ympäri. SCOP-arvo (Seasonal Coefficient Of Performance) kertoo lämpöpumpun vuosihyötysuhteen, jota kannattaa käyttää, kun vertailee lämpöpumppuja. SCOP-arvojen laskenta perustuu paikkakohtaisesti eri ilmastovyöhykkeisiin. Suomessa myytävien pumppujen SCOP-arvojen laskennassa hyödynnetään Helsingin ilmasto-olosuhteisiin pohjautuvaa Pohjois-Euroopan ilmastovyöhykettä. (Suutari 2018.)

9.4 HAVAINTOJA ECOOLISSA

Yhdessä Ecool-kohteessa todettiin energiakatselmuksen yhteydessä, että ilmalämpöpumpuilla on mahdollista vähentää sähköpattereiden lämmitystarvetta. Arvion mukaan vuotuinen sähkönsäästöpotentiali on lähes 110 MWh. Takaisinmaksuaika pumppuille on alle neljä vuotta. Ehdotettu toimenpide toteutettiin hankkeen aikana.

Toisessa Ecool-kohteessa maakaasulämmitykselle on esitetty vaihtoehdokseksi päälämmitystavaksi maalämpöä. Kohteen normitettu lämpöenergian vuosikulutus on 373 MWh, joka on kyseiselle rakennustypille keskimääräistä ominaiskulutusta pienempi. Lämmitystapamuutoksen vaikutuksesta energiamaksut pienentyisivät vuodessa 15 500 €. Kuvassa 14 on esitetty lämmitystapojen kustannukset kuukausitasolla. Maalämpöjärjestelmän takaisinmaksuaika kyseisessä kohteessa on 9,9 vuotta.



Kuva 14. Erään Ecoool-kohteen lämmitystapakustannukset kuukausitasolla.

9.5 TOIMINTAMALLI ILMALÄMPÖPUMPPUJEN KANNATTAVUUSTARKASTELUUN

Ecoool-hankkeessa kehitetyllä laskentapohjalla voidaan laskea ilmalämpöpumpun tuomat säästöt ja takaisinmaksuaika. Laskentapohjassa on valmiina neljän eri ilmalämpöpumpun tiedot, ja vertailu onnistuu myös muiden ilmalämpöpumppujen kanssa.

Laskentapohjan etusivulle syötetään perustietoja kiinteistöstä keltaisiin soluihin valitsemalla sopivin tieto pudotusvalikoista. Perustietoihin kuuluvat sijainti (kaupunki), nykyinen lämmitystapa ja talon rakennusvuosi (ennen vai jälkeen vuoden 1973). Lisäksi tulee ilmoittaa pakolliset tiedot, jotka ovat rakennuksen pinta-ala ja korkeus sekä sähkön hinta. Sähkön hinta vaihtelee, mutta oletusarvona voidaan käyttää 0,08 €/kWh (80 €/MWh). Lisätietoihin voidaan tarvittaessa lisätä maakaasun hinta ja ilmalämpöpumpun asennushinta. Ilmalämpöpumppua vertaillaan muihin pumppuihin lisäämällä lämpöpumpun hinta, lämmitysteho ja COP- tai SCOP-arvo (valitaan pudotusvalikosta).

Kiinteistön sijainnin mukaan laskentapohja huomioi alueen keskilämpötilan perustuen Ilmatieteen laitoksen keräämiin keskilämpötiloihin vuosilta 1981–2010. Laskentapohjaan on syötetty Suomen 29 kaupungin keskilämpötilat. Kiinteistön lämmöntarpeen määrittämistä varten laskentapohjassa kysytään rakennuksen pinta-ala, huonekorkeus ja rakennusvuosi (ennen tai jälkeen vuoden 1973). Laskentapohjaan on valittu lämmitystehontarpeen määrittämiseen rakennusvuosi, jolloin saadaan suuntaa antava lämmöntarve, jos ei ole tiedossa edeltävien vuosien kulutusta.

Takaisinmaksuajan laskentaa varten pohjaan tulee syöttää nykyinen lämmitysmuoto, energian hinta ja lämpöpumpun asennushinta. Laskentapohjassa tulee ottaa huomioon, että laskentatulokset voivat olla epätarkkoja, kun rakennuksen pinta-ala ylittää 150 m². Tällöin tulisi olla useampi lämpöpumppu, jolloin pumppujen sijoittelu on erityisen tärkeää.

Laskentapohjaan on syötetty valmiiksi neljän eri ilmalämpöpumpun tiedot, jotka on valittu tarkasteluun Scanofficen julkaiseman VTT:n testiraportin pohjalta (VTT:n testiraportit – Ilmalämpöpumppuvertailu). Testiarvojen avulla pumpuille on laskettu COP ja ottotehon funktiot -15 ja +12 asteen välille. Alin asteraja määräytyy kylmimmän paikkakunnan keskilämpötilan mukaan ja ylin asteraja lämmityksen käynnistymisestä.

Laskentapohjassa voidaan myös vertailla muita ilmalämpöpumppuja laskentapohjassa olevien pumppujen kanssa. Kun taulukkoon syötetään vertailtavan pumpun hinta, teho ja COP tai SCOP, niin laskentapohja vertailee pumppua muihin pumppuihin. Vertailuilmalämpöpumpun laskenta perustuu tutkittuihin ilmalämpöpumppuihin ja niistä saatuihin tietoihin, joista on johdettu funktiot COP-arvolle ja ottoteholle.

10 PAINEILMAVUOTOJEN KUSTANNUSLASKURI

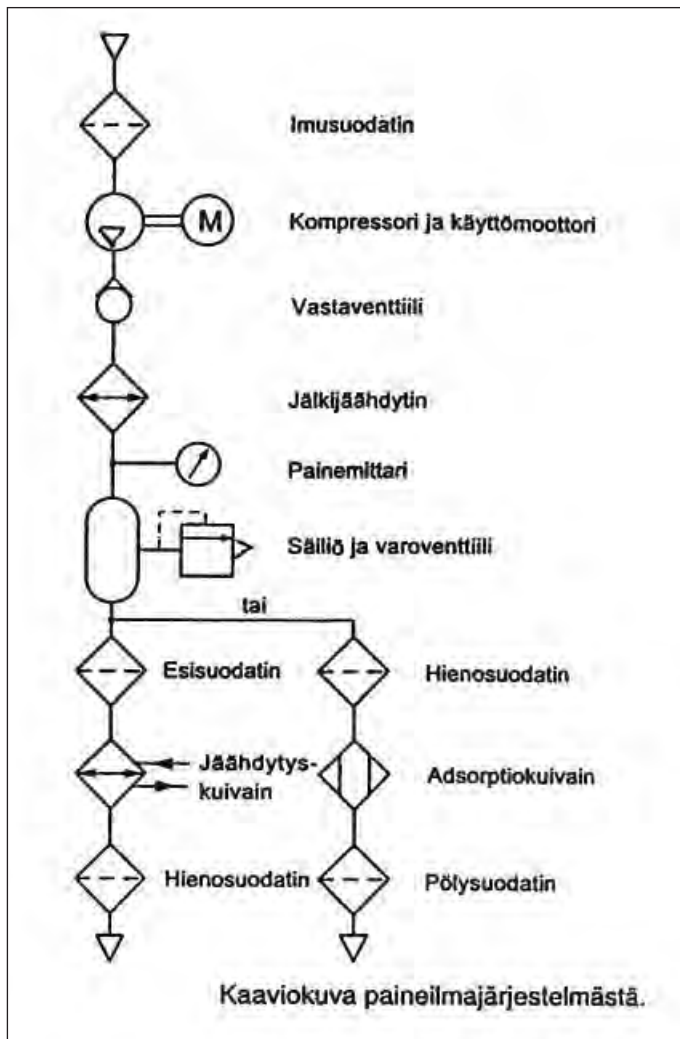


Eetu Hirvonen & Erja Tuliniemi

10.1 PAINEILMA YLEISESTI

Paineilma on kompressorilla paineistettua ilmaa, jota käytetään erilaisissa työkaluissa, koneissa ja teollisuuden pneumaattisissa toimilaitteissa. Teollisuudessa paineilmaa käytetään paljon, ja arviolta 3–12 % teollisuuden sähkönkulutuksesta kuluu paineilman tuottamiseen. (Energiakatselmoijan käsikirja 2012, 4–5.)

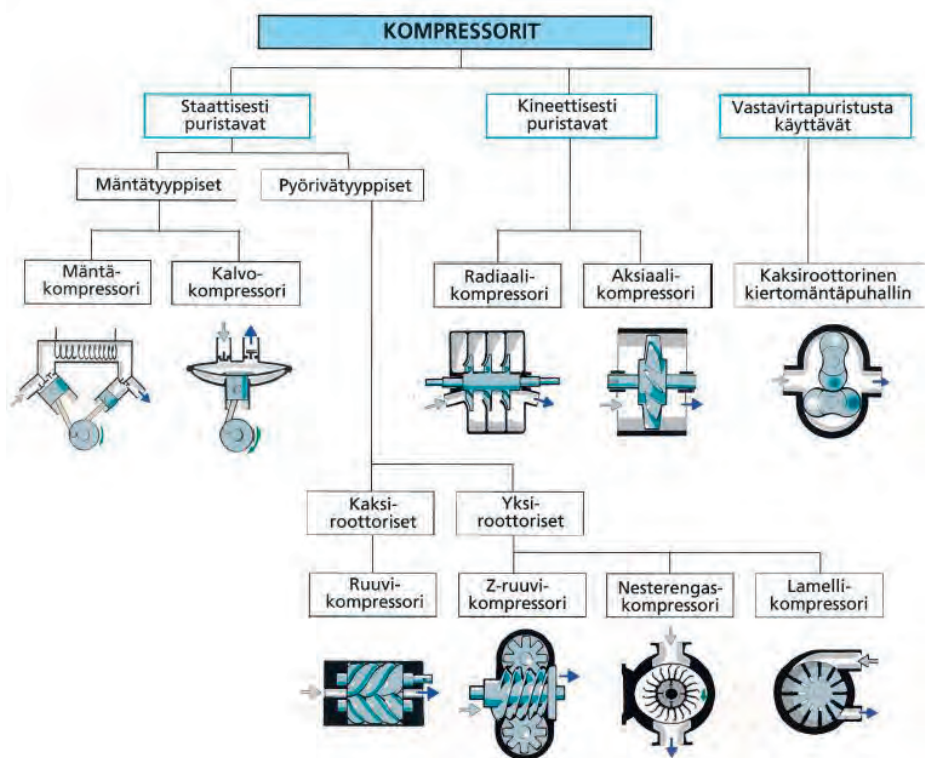
Paineilmajärjestelmä muodostuu kompressoreista, paineilmasäiliöistä ja jakeluverkosta. Paineilmajärjestelmissä on lisäksi myös suodattimia, jäähdyttimiä, lauhteenpoistimia sekä automaatiikkaa. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 23.) Kuvassa 15 on yksinkertainen esimerkki paineilmajärjestelmän rakenteesta.



Kuva 15. Kaaviokuva paineilmajärjestelmästä (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 24).

10.2 KOMPRESSORIT

Kompressorit jaetaan staattisesti puristaviin, kineettisesti puristaviin ja vastavirtapuristusta käyttäviin kompressoreihin. Kuvassa 16 on esitetty yleisimpiä kompressorityyppejä. Kineettisesti puristavat eli turbokompressorit ovat hyviä tuottamaan suuria ilmamääriä, kun painevaatimus on pieni, kun taas mäntäkompressoreilla saadaan aikaan suuri paine, mutta heikompi tuotto. Yleisin kompressorityyppi nykyään on ruuvikompressori tasaisen ilmantuoton ja hiljaisen käyntiäänensä takia. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 26–27.)



Kuva 16. Kompressorityypit puristustavan mukaan (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 26).

10.3 PAINEILMA JA ENERGIATEHOKKUUS

Paineilmajärjestelmässä on lähes aina potentiaalia energiankulutuksen pienentämiseen ja järjestelmien tuottamaa lämpöenergiaa voidaan hyödyntää kiinteistön lämmityksessä. Vuotoihin kuluu arviolta 20 % tuotetusta paineilmasta, ja paineilma voi kuluttaa jopa 40 % yrityksen sähköenergiakulutuksesta. Järjestelmän optimoinnilla voidaan säästää yli 30 %, tai mahdollisesti jopa 50 % vuosittaisesta energiankulutuksesta. (Atlas Copco s.a.) Lähtökohtana paineilmajärjestelmän energiatehokkuudelle on tarpeeseen mitoitettu järjestelmä oikealla ohjauksella ja käyttöpaineella.

KOMPRESSORIN KEVENNYSKÄYNTI

Kun kompressori saavuttaa paineen asetusarvon, kevennyksikäynnissä sen moottorit jatkavat vielä hetken aikaa massojen pyörittämistä. Jos kevennyksen aikana paine laskee tarpeeksi, kompressori alkaa taas tuottaa ilmaa. Kevennyksen tarkoitus on lyhentää reagointiaikaa paineilmajärjestelmän paineen laskuihin ja vähentää kompressorin käynnistymisestä aiheutuvia tehopiikkejä. Kevennys on hyödyllistä, jos paineilman tarvetta on jatkuvasti, mutta ei

kuitenkaan niin, että kompressorin käynti käy täydellä teholla koko ajan. Jos paineilman tarve on vähäistä ja satunnaista, kevennyksikäynti ei ole tarpeen, ja se tuhlaa vain energiaa. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 29; Energiakatselmoijan käsikirja 2012, 8.)

KOMPRESSORIN KÄYTTÖPAINE

Kompressorin käyttöpainella on merkitystä energiatehokkaasti toimivalle järjestelmälle. Erikoislaitteita lukuun ottamatta 6 barin ylipaine yleensä riittää paineilmalaitteille. Mikäli kohteessa on vain yksittäinen satunnaista korkeaa painetta tarvitseva laite, tulee tarkastella oman kompressorin hankintaa. Kompressorin käyntipaineen laskulla on mahdollista saavuttaa säästöjä. Esimerkiksi 10 %:n lasku kompressorin käyntipaineessa vähentää kyseisen laitteen energiankulutusta n. 3 %. Toisaalta paineen lasku voi tarkoittaa suurentunutta ilman tarvetta, joten kustannussäästö ei välttämättä ole suoraviivaista. (Energiakatselmoijan käsikirja 2012, 9.)

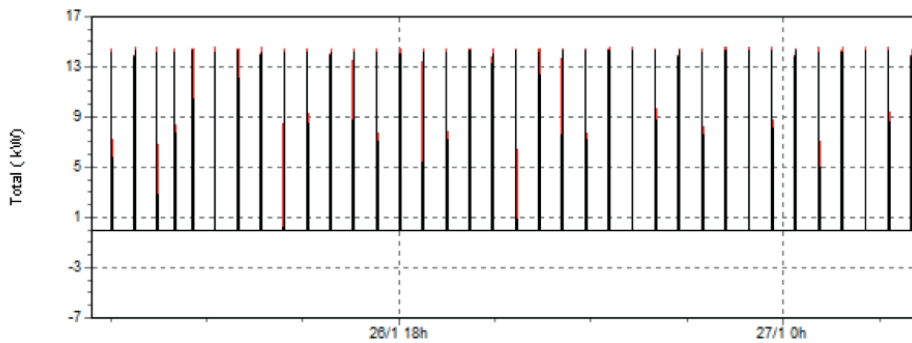
PAINEILMAN VUODOT JA KUSTANNUKSET

Paineilmaverkostoissa on lähes aina vuotoja. Vuotojen kokonaismäärään vaikuttavat muun muassa vuotokohtien suuruus, määrä ja verkoston paine. Yleisimmät paineilmajärjestelmän vuodot ovat havaittavissa liittoksista ja liittimistä. Ison vuodon tunnistaa suhinasta ja virtauksen voi tuntea, mutta kaikista pienimpien vuotojen löytäminen on hankalaa ilman erikoistyökaluja. Paineilmajärjestelmän vuodot arvioidaan aina käytön ulkopuolella. Kun mitään laitteita ei käytetä, voidaan selvittää, paljonko verkosto kuluttaa paineilmaa vuotoihin. Kompressorin pysähtyttyä verkon vuodon huomaa paineen laskemisena. (Energiakatselmoijan käsikirja 2012, 6.)

PAINEILMAVUOTOJEN MITTAAMINEN

Yksinkertaisin tapa mitata paineilmavuodon kustannuksia on mitata kompressorin kulutusta sinä aikana, kun paineilmaverkon laitteita ei käytetä. Näin saadaan selville, kuinka paljon kompressorin kuluttaa energiaa paineilmaverkon painetason ylläpitämiseen, kun ainoa paineilman kuluttaja on vuodot. Parin päivän mittausjakso on riittävän tarkka koko vuoden vuotojen arvioimiseen.

Kuva 17 on kuvakaappaus Power Log 430-II -ohjelmasta. Kuvassa on esitetty ote erään Ecool-kohteen kompressorin sähkötehon mittauksesta, joka suoritettiin Fluke 435 II -merkisellä sähkönlaadun analyysointilaitteella. Kuvasta näkee, kuinka kompressorin käynti käy tasaisin väliajoin, vaikka verkossa ei ollut käyttöä mittauksen ajankohtana. Kompressorin käynti kävi 21 minuutin välein noin 40 sekuntia kuormituksella, minkä jälkeen se kävi vielä 30 sekuntia kevennyksellä. Tässä tapauksessa kevennyksikäynti on tarpeeton, sillä verkon käyttö on muutenkin vähäistä. Esimerkkikohteen paineilmavuodot aiheuttavat noin 5000 kWh sähköenergian kulutuksen, eli rahassa noin 400 € vuodessa.



Kuva 17. Ote kompressorin sähkötehon mittauksesta eräässä Ecoool-kohteesta.

Paineilmavuodon suuruus voidaan määrittää myös mittaamalla aikaa ja tarkkailemalla verkoston paineen laskua. Vuodon suuruus voidaan määrittää, kun lisäksi tiedetään verkoston tilavuus. (Energiakatselmoijan käsikirja 2012, 6.) Sähköenergian kulutus saadaan selville kompressorin tuotosta sekä kuormitus- ja kevennystehoista.

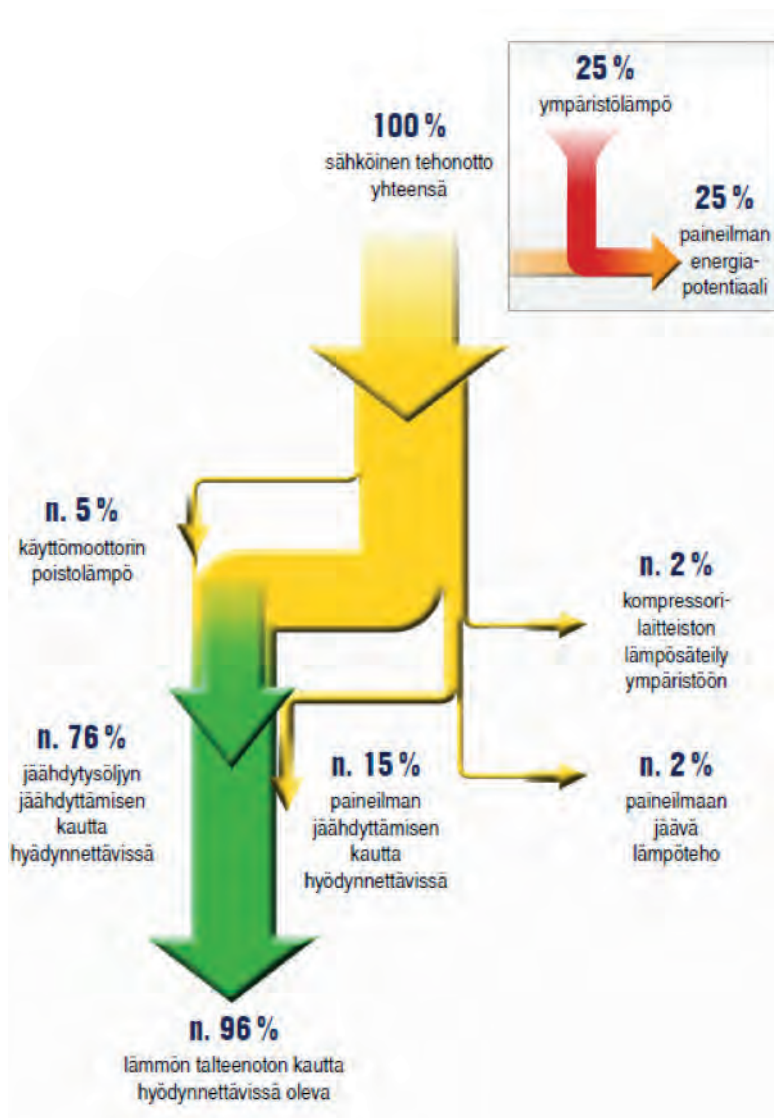
KOMPRESSORIEN LÄMMÖNTALTEENOTTO (LTO)

Kompressorien tuottaman lämmön hyödyntämismahdollisuutta kannattaa tarkastella, sillä kaikki kompressorien saama energia muuttuu lämmöksi. Lähes kaikista komessoreista voidaan ottaa lämpöä talteen, ja parhaiten LTO-ratkaisuille sopivat koteloidut ruuvikompressorit. LTO-ratkaisun voi toteuttaa yksinkertaisesti johtamalla lämpimän ilman läheisten tilojen lämmitykseen, tai ottaa energia talteen öljyjäähdyttimeltä veteen lämmönvaihtimella. Kuvassa 18 on havainnollistettu ruuvikompressorien lämpövirtoja. (Kaeser 2014.)

Koteloiduista komessoreista voidaan saada lähes kaikki lämpöenergia talteen, pois lukien paineilmaan johtunut lämpö. On mahdollista saada teoriassa jopa 96 % käytetystä sähköenergiasta talteen lämpönä. Öljyjäähdytteissä komessoreissa $\frac{3}{4}$ hukkalämmöstä löytyy öljyjäähdyttimestä ja sitä voidaan hyödyntää lämmönvaihtimella. Moottoritehon ollessa yli 10–30 kW, LTO-ratkaisu on yleensä kannattava. (Kaeser 2014.)

KOMPRESSORIN LÄMMÖN HYÖDYNTÄMINEN

Lämmön talteenotossa on aina huomioitava hyödyntämismahdollisuudet. Kompressorit kuitenkin tuottaa lämpöä vain kuormituskäynnin aikana, joten on tärkeää miettiä, vastaavatko kompressorin käyntiajat lämmöntarvetta ja voidaanko kaikkea kompressorin tuottamaa lämpöä hyödyntää järkevästi. Lämmön talteenottojärjestelmissä pitää myös huomioida kompressorin vaatimat olosuhteet, että kompressorin elinikä ei lyhene järjestelmien takia. Jos tarkastellaan samaan aikaan myös paineilma- vuotojen aiheuttamia kustannuksia, on lämmön talteenotossa huomioitava mahdolliset vuotojen korjaukset ja kompressorin käyntiajan lasku.



Kuva 18. Ruuvikompressorin lämmön jakautuminen (Kaeser s.a.).

Yksinkertainen tapa on johtaa poistolämpö suoraan kanavien kautta lämmitettävään tilaan. Kesäaikana lämmön voi ohjata ilmapellillä ulos, kun sille ei ole tarvetta. Mikäli halutaan saada lämpö talteen esimerkiksi lämmitys- tai lämminvesikiertoon, voidaan käyttää lämmönvaihdinta. Juomaveden tai vastaavilla laatuvaatimuksilla olevan veden lämmittämiseen on käytettävä turvalämmönvaihdinta, joka on eräänlainen muunneltu versio putkilämmönvaihtimesta. Sen rakenteen ansiosta vesi ja öljy eivät sekoitu, vaikka putket rikkoutuisivat esimerkiksi korroosion takia. Lämmönvaihtimilla voidaan päästä noin 70°C veden poistumislämpötilaan. (Kaeser 2014.)

10.4 HAVAINTOJA ECOOLISSA

Eräessä Ecool-kohteessa todettiin paineilmajärjestelmässä vuotokohtia. Paineilmajärjestelmää tarkasteltiin käytön ulkopuolisella hetkellä, ja kompressoreiden todettiin käyvän turhan tiheästi. Arvioitiin, että vuotojen aiheuttamat vuotuiset sähköenergiakulut olivat noin 52 MWh eli noin 4200 €. Vuotojen korjaaminen voi parhaimmillaan tarkoittaa joidenkin tuntien työtä ilman varsinaisia investointeja.

Toisessa Ecool-hankkeen kohteessa ehdotettiin aikaohjelman käyttöä, jottei kompressori käy turhaan yöaikaan kompensoidakseen vuotojen aiheuttamaa painehäviötä. Aikaohjelman lisäksi kannattaa selvittää vuotojen kohdat, sillä vuodot ovat joka tapauksessa turha kuluerä.

10.5 PAINEILMAVUOTOJEN KUSTANNUSLASKENTAPOHJA

Paineilmavuotojen aiheuttama kustannus voidaan laskea Ecoolissa tehdyllä laskentapohjalla. Laskentapohjaa varten on tiedettävä kompressorin kuormitus- ja kevennyskäyntien tehot. Lisäksi tarvitaan tieto vuodon kestosta (sekunteina). Vuoto mitataan ottamalla aikaa, kuinka kauan paineilmajärjestelmän paineella menee laskea alarajalle. Alarajassa kompressori nostaa paineen jälleen takaisin. Lisäksi mitataan kompressorin käynti- ja kevennysajat.

LÄHTEET

Atlas Copco. s.a. Energiatehokas paineilma. Www-dokumentti. Saatavissa: <https://www.atlascopco.com/fi-fi/compressors/paineilman-perusteet/paineilmalaitteisto-energiatehokkuus> [viitattu 20.2.2018].

Baltic Marine Environment Protection Commission. 2008. Helcom. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.helcom.fi/Recommendations/Rec%2029-1.pdf> [viitattu 21.6.2018].

Benet. 2018. Energiaexperttikoulutus. WWW-dokumentti. Saatavissa: www.kesto.fi/GetItem.asp?item=file:5430 [viitattu 30.8.2018].

Energiakatselmoijan käsikirja. 2012. Osa 3. Paineilma. Toimittanut Motiva Oy.

Energiateollisuus. 2015. Lämmönjakohuoneen tarkastustoimenpiteet: Säätokäyrän asettaminen. Kaukolämpö. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.youtube.com/watch?v=iPmm_x_wH_I [viitattu 28.6.2018].

Heikkilä, L. 2018. Kymen krematorion lämmöntalteenoton suunnittelu. Opinnäytetyö. WWW-dokumentti. Saatavissa: http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/151213/Heikkila_Lauri.pdf?sequence=1&isAllowed=y [viitattu 15.8.2018].

Hietanen, M. 2018. Lämpökuvauseminaari. Fluke Finland Oy. Esitys. 31.5.2018. Espoo.

Huhtinen, M., Jalonen, O., Rauhala, H. & Virta, K. 1999. Öljylämmitystekniikka. Öljy- ja Kaasulämmitys Yhdistys ry. Lahden Kirjapaino ja Sanomalehti Oy. Helsinki.

Huhtinen, M., Kettunen, A., Nurminen, P. & Pakkanen, H. 2004. Höyrykattilatekniikka. 6. painos. Edita, Helsinki. Opetushallitus.

Huhtinen, M., Korhonen, R., Pimiä, T., & Urpalainen, S. 2008. Voimalaitostekniikka. Otavan Kirjapaino Oy, Keuruu. Opetushallitus.

Ilmatieteenlaitos. s.a. Lämmitystarveluku. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut> [viitattu 15.8.2018].

Kaeser. 2014. Paineilmaseminaari. 1. painos.

Kaeser. s.a. Lämmön talteenotto ja hyödyntäminen lämmityksessä ja lämpimän veden tuotannossa. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://fi.kaeser.com/m/Images/P-645-FI-tcm273-6757.pdf> [viitattu 5.2.2018].

Keinänen, T. & Kärkkäinen, P. 2005. Automaatiojärjestelmien hydraulikka ja pneumaattikka. 1. painos. Helsinki: Werner Söderström Oy.

Kutinlahti, E. 2015. MET – energiankulutuksen ja fyysisen aktiivisuuden mittari. Lääkärikirja Duodecim. 2.12.2015. Saatavissa: https://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk01039 [viitattu 19.6.2018].

Motiva. s.a. Kiinteistön energiatehokkaat sähkötekniset ratkaisut. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.motiva.fi/files/7974/Kiinteiston_energiatehokkaat_sahkotekniset_ratkaisut.pdf [viitattu 7.6.2018].

Motiva. 2016. Lämmityksen energiatehokkuus. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/patteriverkoston_perussaato/lammityksen_energiatehokkuus [viitattu 29.6.2018].

Motiva. 2008. Lämpöä ilmassa. Lämmitysjärjestelmät, ilmalämpöpumput. PDF-tiedosto. Saatavissa: <https://www.motiva.fi/files/175/Ilmalampopumput.pdf> [viitattu 16.1.2018].

Nienstedt, W., Hänninen, O., Arstila, A. & Björkqvist, S-E. 2014. Ihmisen fysiologia ja anatomia. Sanoma Pro Oy.

Paloniitty, S., Paloniitty, J. & Haimilahti, J. 2016. Lämpökuvaus rakentamisessa. Rakennustieto. Painopaikka: Oy Fram Ab.

Piispa, M. 2018. Päästömittaaja. Suullinen tiedonanto. 4.9.2018. KymiLabs, Kaakkois-Suomen Ammattikorkeakoulu Oy.

Sarvelainen, H. 2018. Energiatekniikan lehtori, DI. Suullinen tiedonanto. 17.5.2018. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu.

Sarvelainen ym. Energiatehokkuuden kehittäminen energiakatselmuksilla. 2014. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/86377/B-sarjan_raportti_131.pdf?sequence=1 [viitattu 30.8.2018].

SFS-EN 12464-1:2011. Standardi. Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Osa 1: Sisätilojen työkohteiden valaistus.

Sisäilmastoluokitus. 2018. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. RT 07-11299.

Sisäilmayhdistys ry. 2008a. Ilmanvaihdon perusteet. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.sisailmayhdistys.fi/Perustietoa-sisailmasta/Ilmanvaihdon-perusteet> [viitattu 16.1.2018].

Sisäilmayhdistys ry. 2008b. Kemialliset epäpuhtaudet. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Kemialliset-epapuhtaudet> [viitattu 16.1.2018]

STM:n asetus (Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön asetus) asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. 545/2015. 23.4.2015.

Sulpu. Suomen lämpöpumppuyhdistys ry. s.a. a. Yleistä lämpöpumpuista. PDF-tiedosto. Saatavissa: <https://www.sulpu.fi/documents/184029/209175/Yleista-l%C3%A4mp%C3%B6pumpuista-SULPU.pdf> [viitattu 20.6.2018].

Sulpu. Suomen lämpöpumppuyhdistys ry. s.a. b. Myydyt lämpöpumput. PDF-tiedosto. <https://www.sulpu.fi/documents/184029/208772/Myydyt%20l%C3%A4mp%C3%B6pumput%202016%2C%20kaaviot%2C%20f.pdf> Saatavissa: [viitattu 20.6.2018].

Suomen kaasuyhdistys. 2014. Maakaasukäsikirja. WWW-tiedosto. Saatavissa: <http://www.kaasuyhdistys.fi/sisalto/kasikirja> [viitattu 1.8.2018].

Suutari, T. 2018. COP vs. SCOP – hyötysuhteiden erot. Nilan Suomi Oy. Blogi-kirjoitus. Saatavissa: <https://blog.nilan.fi/cop-scop-hyotysuhteiden-erot> [viitattu 5.3.2018].

Talotekniikkainfo. 2018. Vesi- ja viemärlaitteistot – opas. Luku 2, Rakennuksen vesilaitteisto. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.talotekniikkainfo.fi/rakennusten-vesi-ja-viemarilaitteistot-opas> [viitattu 24.5.2018].

Työsuojeluhallinto. 2017. Työsuojeluhallinnon verkkopalvelu. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.tyosuojelu.fi/tyoolot/fysikaaliset-tekijat/lampoolot> [viitattu 28.6.2018].

Työ- ja elinkeinoministeriö. 2018. Energiakatselmustoiminnan yleisohjeet. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.motiva.fi/files/15143/Energiakatselmustoiminnan_yleisohjeet_elokuu_2018.pdf [viitattu 3.9.2018].

Törmänen, E. 2007. Naiset palelevat suomalaistaloissa. Tekniikka & Talous. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/rakennus/2007-03-15/Naiset-palelevat-suomalaistaloissa-3275379.html> [viitattu 29.6.2018].

Valvira. 2016. Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, osa I. Asumisterveysasetus § 1–10. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.valvira.fi/documents/14444/261239/Asu-misterveysasetuksen+soveltamisohje/ac8d5e16-97be-456c-9c9c-ce8560f2092e> [viitattu 29.6.2018].

Wahlroos, L. 1980. Kotimaiset polttoaineet ja keskuslämmityskattilat. Toinen painos. Energiakirjat ky.

Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemäri-laitteistoista. 1047/2017.

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta. 1009/2017.

LIITE 1

Ecool-hankkeen virallinen juliste

Ecool



Ecool-hankkeessa tutkitaan energiatehokkuutta ja uusiutuvien energiamuotojen hyödyntämismahdollisuutta kohteissa, joissa on vaativaa LVIS-tekniikkaa.

Tuloksia on mahdollista jatkossa hyödyntää vastaavantisissa energiaselvityksissä.

Hankkeen toteutusaika on 1.10.2015 – 30.9.2018.

Hankkeen budjetti on 412 000 €, päärahoittaja on Uudenmaan liitto, Euroopan aluekehitysrahasto (EAKR).

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu (Xamk) on hankkeen toteuttaja.

www.xamk.fi/ecool



KYMEN
ELINKEINO-
LIITTO



XAMK
Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

Kestävä kasvua ja työtä -ohjelma

www.rakennerahastot.fi

**Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020**



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

LIITE 2

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun sähkötyöturvallisuuskorttikoulutuksen sisältö

Koulutuksen sisällöllinen rakenne

1. Sähkön vaarallisuus
2. Lait, asetukset ja standardit
3. Turvallinen toiminta
4. Sähkötöitä tekevät henkilöt ja organisaatio
5. Käyttöön liittyvät toimenpiteet
6. Työskentelykäytännöt
7. Kunnossapitokäytännöt.

Sisällön tarkempi esitys

1. Sähkön vaarallisuus
 - a. Sähkön vaaroja
 - b. Vaarallisuuteen vaikuttavat tekijät
 - c. Sähkövirran vaarallisuus
 - d. Ihmiskehon impedanssit
 - e. Sähkövirran vaikutukset ihmiseen
 - f. Sähköiskulta suojautuminen
 - g. Valokaaren vaara
 - h. Valokaarelta suojautuminen
 - i. Sähkö- ja magneettikenttien vaikutukset
 - j. Erityisesti vaarallisia ympäristöjä
 - k. Omat toimintatavat
 - l. Standardin mukaan toimiminen.
2. Lait, asetukset ja standardit
 - a. Sähkötyöturvallisuutta koskeva lainsäädäntö Suomessa
 - b. Sähkötyöturvallisuusstandardi SFS 6002
 - c. Sähköturvallisuuslaki 85. §, standardista poikkeaminen
 - d. SFS 6002 –standardin soveltaminen.
3. Turvallinen toiminta
 - a. Opastus
 - b. Sähkötyöturvallisuuskoulutus
 - c. Häätätoimenpiteet
 - d. Ensiapu

- e. Työntekijän velvollisuudet
 - f. Vaarallisesta työstä pidättäytyminen
 - g. Yleinen työturvallisuus
 - h. Yhteydenpito työn aikana
 - i. Työalue
 - j. Työkalut
 - k. Mittalaitteiden kategoriat
 - l. Henkilösuojaimet
 - m. Suojavaatetus valokaarivaarallisissa töissä
 - n. Piirustukset ja asiakirjat
 - o. Kielto- ja varoituskilvet.

- 4. Sähkötöitä tekevät henkilöt ja organisaatio
 - a. Maallikko
 - b. Opastettu henkilö
 - c. Sähköalan opiskelija
 - d. Sähköalan ammattihenkilö
 - e. Ammattitaitovaatimus laitetöissä
 - f. Sähkötöitä tekevän yrityksen organisaatio
 - g. Sähkötyöturvallisuusvastuu
 - h. Henkilömääritelmät.

- 5. Käyttöön liittyvät toimenpiteet
 - a. Käyttötoimenpiteet ja toiminnan tarkistukset
 - b. Maallikolle sallittuja käyttötoimenpiteitä
 - c. Opastetulle henkilölle sallittuja käyttötoimenpiteitä
 - d. Sähköalan ammattihenkilölle sallittuja käyttötoimenpiteitä
 - e. Mittaus
 - f. Mittauksen turvallisuus
 - g. Testaus
 - h. Tarkastus.

- 6. Työskentelykäytännöt
 - a. Induktio
 - b. Induktiota koskevat erityisvaatimukset
 - c. Sääoloja koskevat erityisvaatimukset
 - d. Sähkölaitteistossa tehtävät sähkötyöt.

- 7. Kunnossapitokäytännöt
 - a. Henkilöstö
 - b. Korjaustyöt
 - c. Vaihtotyöt.

