

Marko Hirvonen

Puolustushallinnon kiinteistöjen energiatehokkuusohje

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (ylempi AMK-tutkinto) -tutkinto

Rakentamisen koulutusohjelma

Opinnäytetyö

20.6.2013

Tekijä(t) Otsikko	Marko Hirvonen Puolustushallinnon kiinteistöjen energiatehokkuusohje
Sivumäärä Aika	72 sivua + 5 liitettä 20.6.2013
Tutkinto	insinööri (ylempi AMK)
Koulutusohjelma	rakentaminen
Suuntautumisvaihtoehto	talotekniikka
Ohjaaja(t)	yliopettaja Piia Sormunen energia-asiantuntija Kari Huttunen
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää keinoja energiatehokkuuden parantamiseen Puolustushallinnon kiinteistöissä. Opinnäytetyössä laadittiin käsikirjamainen ohje, kuinka puolustushallinnon kiinteistöissä pystytään käyttämään energiaa tehokkaiden ja taloudellisten periaatteiden mukaan. Ohjeella pyritään vaikuttamaan suunnittelu-, rakentamis- ja ylläpitoikäytäntöihin siten, että energian tarpeeseen vaikuttavat toimenpiteet ja tehtävät suunnitellaan entistä paremmin ja saavutetaan rakennuslaitoksen energiansäästöjärjestelmässä esitetyt tavoitteet. Ohjeen pääpainona oli löytää menetelmiä energiatehokkuuteen kiinteistöjen ylläpidon näkökulmasta.</p> <p>Aiheen tutkimus perustui lukuisiin kiinteistöalan ja energiankäytön julkaisuihin. Aihe on erittäin ajankohtainen uusien kansallisten ja eurooppalaisten ilmastotavoitteiden myötä ja aiheeseen liittyviä julkaisuja on ilmestynyt monia lähiaikoina. Energiatehokkuuteen liittyvät säännökset ja ohjeet muuttuvat jatkuvasti ja tiukkenevat edelleen tulevaisuudessa. Nollanenergiarakentamiseen ei ole aikaa enää kuin 6– 8 vuotta vaikka missään ei vielä tarkkaan tiedetä mitä se on.</p> <p>Nykyisen rakennuskannan huolellisella ja tavoitteellisella ylläpidolla saavutetaan merkittäviä energiansäästöjä. Myös nykyisen rakennuskannan korjaamisessa on korkea energiansäästöpotentiaali, mutta pääsääntöisesti rakennuksia korjataan silloin kun niissä ilmenee selvä muu kuin energiatehokkuuden parantamistarve. Energiatehokkuuden parantaminen tulee toteuttaa mahdollisimman kannattavasti ja kustannustehokkaasti, mutta mikäli nykyisiin energiansäästötavoitteisiin ja tulevaisuudessa vielä kiristyviin energiatehokkuusvaatimuksiin halutaan päästä, on tehtävä myös hankkeita, jotka eivät ole välttämättä kannattavia.</p> <p>Kiinteistöiden energiatehokkuuden kehittäminen on jatkuvaa yhteistyötä, ja siinä pitää olla mukana kaikki osapuolet aktiivisesti mukana. Tärkeää on saada erityisesti kiinteistöjen käyttäjät mukaan energiatehokkuustalkoisiin, koska he voivat omilla toimintatavoillaan vaikuttaa energiatalouteen ja sisäympäristön laadun kohentamiseen.</p>	
Avainsanat	energiatehokkuus, energiansäästö, energiankulutus, kiinteistöhuolto, korjausrakentaminen

Author(s) Title	Marko Hirvonen Energy efficiency instructions for Defence Administration buildings
Number of Pages Date	72 pages + 5 appendices 20 June 2013
Degree	Master of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Building Services Engineering
Instructor(s)	Piia Sormunen, Senior Lectuer Kari Huttunen, Energy Expert
<p>The purpose of this final year project was to find out ways to improve the energy efficiency in the Defense Administration buildings. Research on this topic is based on numerous building and energy usage publications. The topic is focal at the moment because of the current international and European climate aims. Therefore, it was easy to find new publications on the topic.</p> <p>With meticulous and goal-oriented upkeep of the building infrastructure, significant energy savings can be achieved. There is also a lot of potential for energy saving if the building stock were renovated. Unfortunately, buildings are usually only renovated when the reason for it is other than improving energy efficiency.</p> <p>Developing energy efficiency for buildings is constant cooperation and all parties must actively participate. Especially it is very important to get all the users of buildings involved in an energy saving campaign because they can affect the energy usage and improve the quality of the indoor environment with their own behavior.</p> <p>This Master's thesis contains handbook-like instructions about the principles of efficient and economic energy usage in the Defense Administration buildings. The purpose of these instructions is to affect planning, construction, and upkeep practices so that operations and tasks affecting energy needs will be planned more carefully and goals for saving energy set by Construction Establishment will be achieved successfully.</p>	
Keywords	energy efficiency, energy savings, energy consumption, building maintenance, reparation of constructions

Sisällys

1	Johdanto	1
	Tausta	1
	Tavoite	2
2	Suomea koskevat ilmasto- ja energiatavoitteet	4
3	Puolustushallinnon rakennusten energiatehokkuus	6
	3.1 Rakennuskanta	6
	3.2 Rakennusten energiankulutus	7
	3.3 Rakennuskannan energiankulutuksen erityispiirteitä	10
4	Energiapalvelut	11
	4.1 Energian ja veden hankinta ja tuotanto	11
	4.2 Kaukolämmön tilausteho ja vesimäärä	11
	4.3 Lämmön jakeluverkoston lämpöhäviöt	12
	4.4 Käytännön ohjeita lämpöverkoston energiatehokkuudelle	12
	4.5 Lämmön tuotanto	12
	4.6 Sähköverkon erityispiirteitä	13
	4.7 Veden tuotanto ja hankinta	13
	4.8 Vesi- ja viemäriverkon vuotojen valvonta	13
5	Kiinteistönhoito	15
	5.1 Tekninen kiinteistönhoito	16
	5.2 Kiinteistönhoito ja – huolto energiatalouden kannalta	17
	5.3 Lämmitysenergian kulutus	17
	5.4 Lämmityksen käyttö ja ylläpito	18
	5.5 Sisälämpötilat	19
	5.6 Ilmanvaihto	20
	5.6.1 Sisäilman kostutus ja kuivatus	21
	5.6.2 Tuloilman lämpötila	22
	5.6.3 Ilmanvaihtomäärät	22
	5.6.4 Ilmamäärien säätäminen tarpeenmukaisiksi	23
	5.6.5 Kiinteistön painesuhteet	23
	5.6.6 Lämmön talteenotto	24
	5.6.7 Ilmansuodattimet	24
	5.6.8 Ilmanvaihtojärjestelmän puhdistus ja perussäätö	24

5.6.9	Ilmanvaihdon käyttöaikojen hallinta	25
5.7	Vedenkäyttö	25
5.7.1	Käyttövesiverkon perussäätö	26
5.7.2	Vesikalustevuodot	26
5.7.3	Vettä kuluttavat jäähdytyslaitteet ja prosessit	27
5.7.4	Vesikustannus	28
5.8	Höyry	28
5.9	Sähköenergia	29
5.9.1	Valaisimien ja lamppujen valinta	29
5.9.2	Valaistuksen säätö- ja ohjausjärjestelmät	30
5.9.3	Valaisimien puhdistus ja huolto	30
5.9.4	Ulkovalaistus	31
5.9.5	Sulatus- ja saattolämmitys	32
5.9.6	Autojen lämmitys	32
5.9.7	Talotekniikan sähkölaitteiden energiatehokkuus	33
5.9.8	Paineilmalaitteet	34
5.10	Jäähdytyslaitteet	34
5.10.1	Kiinteistön jäähdytyslaitteet	34
5.10.2	Käyttäjän kylmätilat	35
5.11	Kiinteistön käyttäjien tila- ja prosessilaitteet	36
5.11.1	Keittiölaitteet	36
5.11.2	Muut tekniset tilalaitteet	36
5.12	Rakennustekniset laitteet ja rakennusosat	36
5.13	Rakennusautomaatio	37
5.13.1	Rakennusautomaation hyödyntäminen energiataloudessa	38
6	Energiatehokas korjausrakentaminen	39
6.1	Kiinteistöjen korjaus- ja kunnossapito	39
6.2	Vuosikorjausohjelman laatiminen	40
6.3	Energiatehokkuuden parantaminen vuosikorjaushankkeissa	40
6.4	Kannattavuuslaskelmat	41
6.5	Energiatehokkuutta parantavat korjaukset	42
6.5.1	Puhaltimien ja pumppujen taajuusmuuttajakäytöt	42
6.5.2	Pumppujen valinta	43
6.5.3	Kaukolämpölaitteiden uusiminen	43
7	Uudisrakentaminen ja peruskorjaus	45
7.1	Rakentamisprosessi energiatehokkuuden kannalta	45
7.2	Tarveselvitys ja hankesuunnittelu	45

7.3	Energiatavoitteiden asettaminen	46
7.4	Kiinteistön energiatehokkuuden suunnittelu	47
7.5	Energiatehokkuuden parantaminen investointihankkeissa	47
7.5.1	Ulkoseinärakenteet	48
7.5.2	Ikkunat	48
7.5.3	Yläpohjat	49
7.5.4	Ilmanvaihtojärjestelmät	50
7.5.5	Ilmanvaihtojärjestelmän uudistaminen	50
7.5.6	Energiatehokkaan ilmanvaihtojärjestelmän suunnittelu	51
7.5.7	Ilmanvaihtopuhaltimien energiatehokkuus	52
7.5.8	Vesi- ja viemärijärjestelmät	52
7.5.9	Lämmitysjärjestelmä	52
7.5.10	Lämmitystavan muuttaminen	53
7.6	Sähköenergian kulutuksen vähentäminen	54
7.7	Huoltokirja	55
7.8	Rakennus- ja taloteknisten töiden valvonta ja vastaanotto	55
7.8.1	Tiivistysvirheet	56
7.8.2	Laitetekniset virheet	56
7.8.3	Rakennuksen vastaanotto	57
7.8.4	Käyttöönotto	57
7.8.5	Käyttäjien- ja ylläpito-organisaation koulutus	57
8	Yhteistyö energiatehokkuuden parantamiseksi	59
	Käyttäjien energiasäästö ja sen merkitys	59
	Ylläpito-organisaation ja käyttäjien tehtävien rajapinta	59
	Vikailmoitukset	60
	Yhteistyöpalaverit energiatehokkuuden parantamiseksi	60
9	Johtopäätökset	61
10	Yhteenveto	62
	Lähteet	63
	Liitteet	
	Liite 1. Lämmön-, sähkön- ja veden kulutukset käyttötarkoituksryhmittäin	
	Liite 2. Kasarmien ominaiskulutuksien kehittyminen alueittain	
	Liite 3. Lämpimien varastojen ominaiskulutuksien kehittyminen alueittain	
	Liite 4. Huoltorakennuksien ominaiskulutuksien kehittyminen alueittain	
	Liite 5. Käsky kiinteistöiden energiansäästötavoitteiden tarkentaminen	

Käsitteitä ja määritelmiä

Energiakatselmuksessa selvitetään kiinteistön energiankulutuksen määrä ja energiansäästömahdollisuudet.

Energiatehokkuudella tarkoitetaan energiankäytön hyötysuhdetta. Energiatehokkaassa rakennuksessa esimerkiksi lämmitys- ja sähkötarpeet tyydytetään tavanomaista pienemmällä energiamäärällä tai samalla energiamäärällä tavanomaista laadukkaammin. Energiatehokkuus on siis muutakin kuin energiansäästöä.

Energiatodistus on energiatodistuksen mukainen asiakirja, mikä kertoo rakennuksen energiatehokkuuden verrattuna muihin vastaaviin rakennuksiin. Jotta energiatehokkuuden arviointi ja vertaaminen muihin vastaaviin rakennuksiin olisi mahdollista, kiinteistöille on määritelty energiatehokkuuden perusteella energialuokka asteikolla A-G.

Energiansäästö on säästetyn energian määrä, joka määritellään mittaamalla ja/tai arvioimalla energiankäyttö ennen yhden tai useamman energiatehokkuutta parantavan toimenpiteen toteuttamista ja sen jälkeen energiankäyttöön vaikuttavat ulkoiset olosuhteet vakioiden.

Kiinteistön ylläpito on kiinteistöön kuuluvaa toimintaa, jonka tarkoituksena on säilyttää kiinteistön kunto, arvo ja ominaisuudet. Kiinteistön ylläpitoon kuuluvia toimintoja on muun muassa kiinteistöhoito ja kunnossapito.

Kiinteistön kokonaisenergian kulutus koostuu lämmitys-, sähkö- ja jäähdytysenergian kulutuksesta.

Lämmön talteenoton vuosihyötysuhde kuvaa, kuinka monta prosenttia rakennuksen ilmanvaihto lämmitystarpeesta katetaan lämmön talteenotolla. Vuosihyötysuhteeseen vaikuttavat lämmön talteenottolaitteen lämpötilasuhteen lisäksi muun muassa rakennuksen sijainti ja jäätymisen esto.

Lämpöpumppu on sähkökäyttöinen energiasiirtolaitteisto, jolla voidaan siirtää lämpöenergiaa talon ulkopuolelta sisään ja päinvastoin. Lämpöpumppuja on erilaisia eri tarkoituksiin. Yleisimpiä ovat ilmalämpöpumput ja maalämpöpumput. Ilmanlämpöpumpulla voidaan talvella lämmittää ja kesällä jäähdyttää. Maalämpöpumppu sopii puolestaan rakennuksen kokonaisvaltaiseen lämmittämiseen.

Rakennuksen energiatehokkuuden parantaminen on teknistä, ihmisen käyttäytymiseen liittyvistä ja/tai taloudellisista muutoksista joutuva energian loppukäytön tehokkuuden lisääntyminen.

Rakennuksen ilmanvuotoluku q_{50} on rakennuspaikan keskimääräinen vuotoilmavirta tunnissa 50 Pa:n paine-erolla kokonaissisämittojen mukaan laskettua rakennusvaipan pinta-alaa kohden (m^3/m^2h).

Rakennuksen ilmanpitävyys n_{50} mittaa, kuinka monta kertaa rakennuksen ilmatilavuuden verran ilmaa vuotaa rakenteiden läpi tunnissa.

Rakennuksen lämpöhäviöillä tarkoitetaan vaipan, vuotoilman ja ilmanvaihdon yhteenlaskettua lämpöhäviötä.

Sisäilmaluokitus

S1: Yksilöllinen sisäilmasto

S2: Hyvä sisäilmasto

S3; Tyydyttävä sisäilmasto

U-arvo kertoo lämpövirran tiheyden, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosien eri puolella on yksikön suuruinen. Mitä pienempi on U-arvo, sen parempi.

1 Johdanto

Suomi on sitoutunut parantamaan energiatehokkuuttaan 20 prosenttia vuoteen 2020 mennessä. Tämä on yksi kolmesta keskeisestä Euroopan unionin vuonna 2008 hyväksymän ilmasto- ja energiapaketin tavoitteesta, joilla tavoitellaan ilmakehän kasvihuonekaasupäästöjen tehokasta vähentämistä. Energiatehokkuuden parantaminen näyttelee tärkeää roolia myös kahden muun tavoitteen eli kasvihuonekaasujen 20 prosentin vähentämisen ja uusiutuvien energialähteiden käytön 20 prosentin lisäämistavoitteen saavuttamisessa. (1.)

Energiatehokkuustavoitteiden saavuttamisessa rakennuskannan energiatehokkuuden parantaminen on yksi keskeisistä tekijöistä. Suomen rakennuskannassa käytetään noin 40 prosenttia maamme energian loppukulutuksesta. Tiukempien rakentamis- ja korjausmääräysten avulla arvioidaan Suomessa saavutettavan noin viiden terawattitunnin vuosittainen energian loppukäytön tehostuminen. Arviot ja toimenpiteet perustuvat työ- ja elinkeinoministeriön energiatehokkuustoimikunnan vuonna 2009 julkaisemaan raporttiin ehdotuksista energiasäästön- ja energiatehokkuuden toimenpiteiksi. (2.)

Uudet rakennusmääräyskokoelman energiamääräykset tulivat voimaan 1.7.2012. Määräysten tiukkeneminen oli Euroopan unionin päätös, jolla pyritään vähentämään päästöjä. Nyt voimaan tulleet määräykset asettavat uudet rajat kokonaisenergiankulutukselle. Rakennuksen vuotuinen energiankulutus on laskettava rakentamismääräyskokoelmien D3 ja D5 mukaan, joissa eri energiamuodot lasketaan yhteen eri energiamuotojen kertoimilla. Lähitulevaisuudessa rakennusten energiatehokkuus tullaan huomioimaan lainsäädännössä entistä tehokkaammin. Rakennusten uudet energiamääräykset koskevat jatkossa uudisrakentamisen lisäksi korjausrakentamista, jossa on selvä energiansäästöpotentiaali. Muuttuneista rakentamismääräyksistä kerrotaan lisää luvussa 2.

Tausta

Puolustushallinnon rakennuttamis-, ylläpito- ja kiinteistöpalveluita sekä muita näihin edellisiin liittyviä ympäristötoimen palveluita tuottaa puolustusministeriön alainen Puolustushallinnon rakennuslaitos esiintyy myöhemmin raportissa lyhyemmin rakennuslaitos. Rakennuslaitoksen tehtävä on tuottaa tai hankkia puolustushallinnon käytös-

sä olevien toimitilojen ylläpito- ja energiapalvelut sekä toimia hankesuunnitteluvaiheen asiantuntijana sekä rakentamisen rakennuttajakonsulttina. Puolustushallinnon sähkön ja lämmön energiahankinnoista vastaa rakennuslaitos. (3.)

Puolustusministeriö antoi rakennuslaitokselle tehtäväksi vuonna 2007 ryhtyä jatkotoimenpiteisiin ja selvittää puolustushallinnon käytössä olevien kiinteistöjen energiankäytön tehostamistoimenpiteet. Rakennuslaitos perusti energiankäyttöä vähentäviä toimenpiteitä pohtimaan energiatehokkuusryhmän jonka tehtävänä oli laatia uusi Motivan kehittämä energiatehokkuusjärjestelmä (ETJ) puolustushallinnolle. Puolustushallinnon energiatehokkuusjärjestelmä (ETJ) valmistui keväällä 2009, ja siinä on määritelty yleiset toimintatavat ja tavoitteet energiankulutuksen vähentämiseksi. Rakennuslaitos on siirtymässä uuden kansainvälisen energiahallintajärjestelmästandardin SFS-EN ISO 50001 käyttöön vuoden 2015 alusta, mikä tuo systemaattisuutta energiatehokkuuden parantamiseen ja mahdollistaa energianhallinnan liittäminen osaksi rakennuslaitoksen laatu- ja johtamisjärjestelmää.

Suomelle on asetettu kansallinen tavoite, jonka mukaan energiankulutuksessa pitää syntyä 9 prosentin säästö vuoteen 2016 mennessä. Rakennuslaitos liittyi kansalliseen kiinteistöalan energiatehokkuussopimukseen (TETS) vuonna 2011. TETS on vapaaehtoinen sopimusjärjestelmä ja sen tavoitteet on yhtenevät rakennuslaitoksen oman Energiatehokkuusjärjestelmän (ETJ) kanssa.

Tavoite

Opinnäytetyö kuuluu osana rakennuslaitoksen energiatehokkuusjärjestelmää. Opinnäytetyössä laaditaan käsikirjamainen ohje, kuinka puolustushallinnon kiinteistöissä pystytään käyttämään energiaa tehokkaiden, taloudellisten, ympäristömyönteisten periaatteiden mukaan. Ohjeella pyritään vaikuttamaan suunnittelu-, rakentamis- ja ylläpitokäytäntöihin siten, että energian tarpeeseen vaikuttavat toimenpiteet ja tehtävät suunnitellaan entistä paremmin ja saavutetaan energiansäästöjärjestelmässä esitetyt tavoitteet. Ohjeen tarkoituksena on myös auttaa kiinteistöjen ylläpidosta vastaavia kohentamaan kiinteistöjen rakennus- ja taloteknistä laatua. Tämän ohje on tarkoitettu myös hakuteokseksi kiinteistöhoitajille, työnjohtajille ja työmaavalvojille.

Ohjeen käsikirjamaisella esitystavalla pyritään lyhyeen, mutta silti perusteet kertovaan esitystapaan. Sisällysluettelo on laadittu yksityiskohtaiseksi, joten kunkin asian nopea

löytyminen on mahdollista. Sisällysluettelo on jaoteltu rakennuslaitoksen toimialojen mukaan (energiapalvelut kiinteistöpalvelut, tekniset palvelut ja rakennuttaminen):

- lämmön-, sähkön- ja veden hankinta ja tuotanto, verkostojen ylläpito
- kiinteistön hoito ja huolto
- rakennusten kunnossapito ja korjaus
- peruseräparannusten ja uudisrakentaminen

Tutkimusaineistona käytettiin alan tämän hetkistä tietoa kiinteistöiden energiatehokkuudesta. Työssä hyödynnettiin myös alan tutkijoiden lausuntoja ja esitysmateriaaleja sekä haastateltiin useita puolustushallinnon sopimuskumppaneita ja sidosryhmien edustajia.

2 Suomea koskevat ilmasto- ja energiatavoitteet

Suomen energia- ja ilmastopoliittinen kehitys määräytyy kansainvälisistä sopimuksista ja strategisista tavoitteista, kuten esimerkiksi rakennusten energiatehokkuusdirektiivi (EPBD = Energy Performance of Buildings Directive). Ympäristöministeriön Suomen rakentamismääräyskokoelmien määräykset ovat uudistuneet parin viime vuoden aikana ja merkitsevät suurta kehitysaskelta lämmitysenergian käytössä. Toistaiseksi toimenpiteet energiatehokkuuden parantamiseksi eivät ole vaikuttaneet kokonaisenergiakulutukseen. Suomen tavoitteena on olla kansainvälisesti johtava maa energiatehokkuudessa vuonna 2020.

Uusi energiatehokkuusdirektiivi ohjaa mittaamaan rakennusten energiatehokkuutta primäärienergiapohjaisesti ja vaatii lähes nollaenergiarakentamista uusien julkisten rakennusten osalta 1.1.2019 alkaen ja kaikkien uusien rakennusten osalta 1.1.2021 alkaen. Vuoden 2012 rakentamismääräyksiä muutoksilla luotiin puitteet tuleville vaatimustasoille energiatehokkuuden parantamisessa, muun muassa lähivuosina julkisen sektorin korjausvelvoite tulee olemaan 3 prosenttia vuosittain rakennuskannasta, mikä tarkoittaisi enimmillään julkisten peruskorjausten kaksinkertaistamista nykyisestä. (28.)

Energiatehokkuuden perusvaatimustaso määritellään rakentamismääräyksissä ja näiden määräysten avulla on pystyttävä osoittamaan, että suunniteltu rakennus täyttää nämä vaatimukset. Seuraavat rakentamismääräyskokoelmat perehtyvät energiatehokkuuteen:

- C3 Rakennusten lämmöneristys
- D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto
- D3 Rakennusten energiatehokkuus
- D5 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeenlaskenta
- Energiatodistusopas 2009. (29.)

Rakentamismääräyskokoelman osat C3, D2 ja D3 tulivat voimaan 1.1.2010, jolloin määräykset tiukkenivat noin 30 prosenttia. D5 tuli voimaan 1.1.2008, ja se kumosi vanhan määräyskokoelman vuodelta 1984. Osat D2 ja D3 uudistuivat 30.3.2011 ja uudistukset tulivat voimaan 1.7.2012. Tiukentunut asetus kiristi energiatehokkuusvaatimuksia 20 prosentilla entisestään. Lisäksi kokonaisenergiankulutuksen tarkastelussa siirryttiin käyttämään energialukua eli E-lukua. E-luku on energiamuotojen painokertoimilla

painotettu rakennuksen vuotuinen ostoenergian kulutus rakennustyyppin normaalilla käytöllä lämmitettyä nettoalaa kohti, josta on esitetty kuviossa 1. (5.) Laki rakennuksen energiatodistuksen velvollisuuksista ei koske puolustushallinnon käytössä olevaa rakennuksia. (30.)



Kuvio 1. Ympäristöministeriön E-luvun laskentaesimerkki. (7.)

Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä astuu voimaan viranomaisten käytössä olevissa rakennuksissa 1.6.2013 alkaen ja muissa rakennuksissa 1.9.2013 alkaen. Asetus viimeistelee niin kutsuttuja korjausrakentamisen energiatehokkuusmääräyksiä koskevan uudistuksen. Energiatehokkuudelle on määritelty vähimmäisvaatimukset, kun kyse on rakennuksen luvanvaraisesta korjaamisesta, käyttötarkoituksen muuttamisesta tai teknisten järjestelmien uusimisesta. Tällaisia ovat esimerkiksi laajat peruskorjaukset rakennuksen ulkovaipan korjaukset ja teknisten järjestelmien uusiminen, jolloin tarvitaan yleisimmin rakennus- tai toimenpidelupaa. Puolustusvoimien rakennukset ovat pääsääntöisesti vapautettu rakennuslupamenettelystä rakennuksien turvallisuusluokituksen takia.

Korjausrakentamiseen ryhtyminen säilyy edelleenkin vapaaehtoisena, ja kiinteistön omistaja päättää, milloin ja missä laajuudessa hän ryhtyy korjaamaan ja mitkä ovat parhaat keinot parantaa energiatehokkuutta säädösten puitteissa. Energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä ei tarvitse toteuttaa, mikäli ne eivät ole teknisesti, toiminnallisesti tai taloudellisesti mahdollisia. Tärkeää on myös huomioida rakennuksen ominaispiirteet ja käyttötarkoitus. Energiatehokkuutta kannattaa parantaa osana normaalia korjausrakentamista ja suunnitelmallista kiinteistön kunnossapitoa. (5.)

3 Puolustushallinnon rakennusten energiatehokkuus

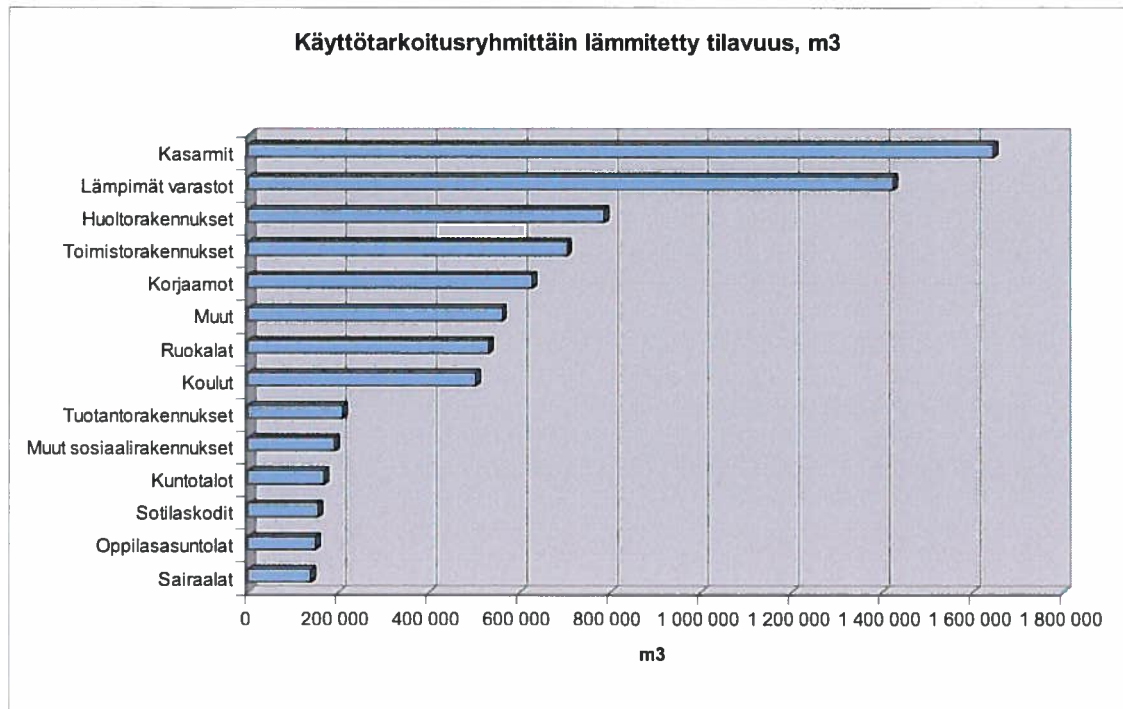
Nykyinen puolustushallinnon rakennuskanta ja sen energiankulutus muuttuu poistuman, korjaustoiminnan ja kiinteistönhoidon seurauksena. Nykyisen rakennuskannan huolellisella ja tavoitteellisella ylläpidolla voidaan saavuttaa merkittäviä energiansäästöjä. Rakennuksia korjataan pääsääntöisesti silloin kun rakennuksessa ilmenee selvä muu korjaustarve kuin energiatehokkuuden parantamistarve.

3.1 Rakennuskanta

Puolustushallinnon käytössä olevien rakennusten yhteenlaskettu ala oli vuonna 2012 noin 3 170 000 m² (15 600 000 m³). Lämmitettäviä rakennuksia on 10 000 000 m³. Viimeisen vuosikymmenten aikana ja tulevien vuosien aikana on käytössä oleva rakennustilavuus kääntynyt laskuun, esimerkiksi lämmitettävät rakennuskuutiot ovat kymmenessä vuodessa vähentyneet 20 prosenttia. Vähennykset johtuvat lakkautetuista varuskunnista ja Puolustusvoimien luopumista erillirakennuksista ja -alueista. (16.)

Puolustusvoimien toiminta edellyttää moneen käyttötarkoitukseen soveltuvaa rakennuskantaa. 1900-luvun alussa rakentamisen pääpaino oli kasarmimajoitustiloissa, talleissa, varastoissa ja linnoitusrakennuksissa, mutta vähitellen toiminnan laajentuessa ovat tarpeellisiksi tulleet erilaiset koulutus- ja huoltorakennukset, sosiaalirakennukset, liikuntahallit sekä esikunnat (3).

Puolustushallinnon kiinteistökannasta lämmitetyn tilavuuden mukaan laajimmat kiinteistötyypit ovat kasarmi ja lämpimät varastot (vertailussa ei ole otettu huomioon suoja- ja turvaluokiteltuja tiloja). Kuvan 2 mukaan kasarmien ja lämmitettyjen varastojen osuus koko rakennuskannan lämmitetystä tilavuudesta on noin 40 prosenttia.

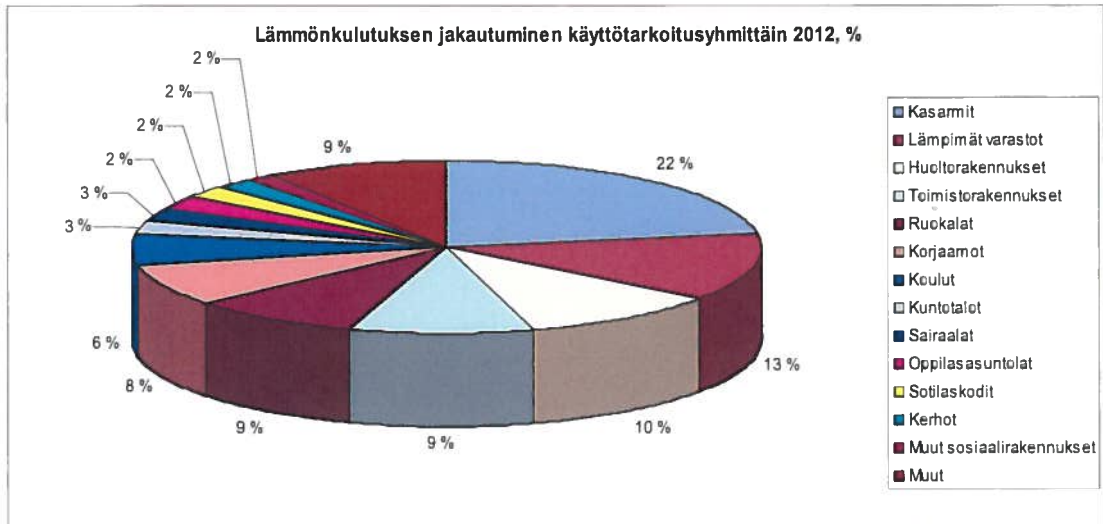


Kuvio 2. Puolustushallinnon rakennusten jakautuminen käyttötarkoituserhmittäin lämmitetyn tilavuuden mukaan.

3.2 Rakennusten energiankulutus

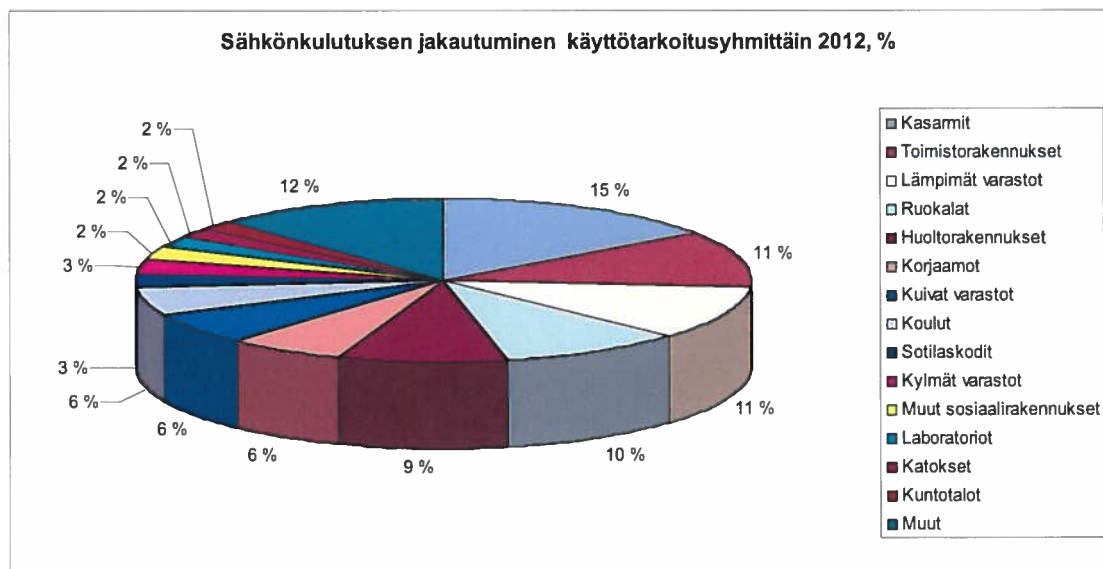
Vuonna 2012 puolustushallinnon kiinteistöiden vuotuinen sähkönkulutus oli 210 039 MWh (2011: -1,5 prosenttia), lämmönkulutus 335 758 MWh (2011: +3,0 prosenttia) ja vedenkulutus 821 007 m³ (2011: -4,5 prosenttia). Energiapalveluiden liikevaihto vuonna 2012 oli 62,9 miljoonaa euroa. Rakennuslaitos hankkii sähkön Hansel Oy:n puitesopimuksella yhteisesti muun valtionhallinnon sähkönhankinnan kanssa ja lämmön pääsääntöisesti ulkopuolisilta lämmöntoimittajilta. Mikäli ulkopuolista tuottajaa ei ole saatavilla, tuotetaan lämpö itse varuskunnissa ja lämmöntuottajana toimii tällöin rakennuslaitos. Oman lämmöntuotannon osuus lämmön kokonaiskulutuksesta vuonna 2012 oli 15,3 %, mutta osuus pienenee koko ajan oman tuotannon ulkoistamisen johdosta. (16.)

Lämmitys-, sähkö- ja vesienenergioiden kulutukset jakaantuivat vuonna 2012 rakennusten käyttötarkoituserhmittäin kuvioiden 3, 4 ja 5 mukaisesti (kuvioissa ei ole otettu huomioon suoja- ja turvaluokiteltuja tiloja).



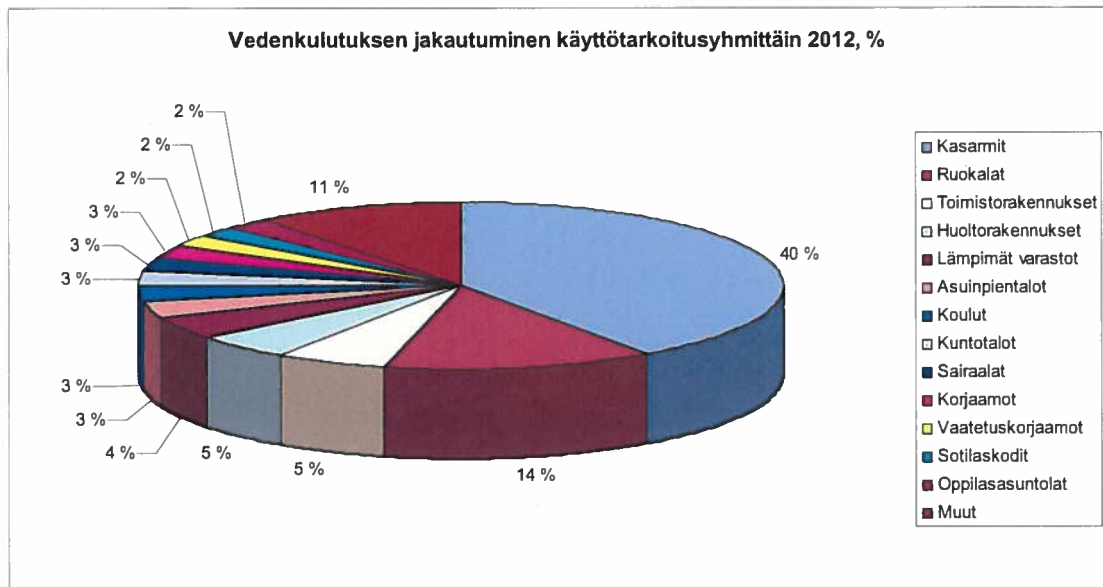
Kuvio 3. Puolustushallinnon rakennuksien käyttämän lämpöenergian jakautuminen käyttötarkoituksryhmittäin.

Kuvio 3 osoittaa, että suurimmat lämpöenergian kuluttajat ovat kasarmit (22 prosenttia), lämpimät varastot (13 prosenttia) ja huoltorakennukset (10 prosenttia).



Kuvio 4. Puolustushallinnon rakennuksien käyttämän sähköenergian jakautuminen käyttötarkoituksryhmittäin.

Suurimmat sähköenergian kuluttajat ovat kasarmit (15 prosenttia), toimistorakennukset ja varastot (11 prosenttia), jotka on kuvattu kuviossa 4.



Kuvio 5. Puolustushallinnon rakennuksien käyttämän veden kulutuksen jakautuminen käyttötarkoitukseryhmittäin.

Vedenkulutus jakautuu kuvion 5 mukaisesti, jossa suurimmat kuluttajat ovat kasarmit (40 prosenttia) ja ruokalait (14 prosenttia). Liitteessä 1 on lämmön-, sähkön- ja vedenkulutuksen jakautuminen käyttötarkoitukseryhmittäin. Kaavioista voidaan hyvin havaita että kasarmit, lämpimät varastot ja huoltorakennukset kuluttavat määrällisesti paljon lämpö- ja sähköenergiaa. Nämä kiinteistötyypit edustavat myös pinta-alaltaan suurinta kiinteistöosuutta. Puolustushallinnon kiinteistöiden energiansäästöpotentiali onkin näissä käyttötarkoitukseryhmissä. Käyttötarkoitukseryhmien ominaiskulutuksien kehittyminen alueittain on kuvattu liitteissä 2–4. Alueiden suuret poikkeamat eivät ole selitettävissä pelkästään teknisillä syillä, vaan taustalla on myös paljon hallinnollisia ja kiinteistönhoidollisia syitä. Rakennusten energiatehokkuuden parantaminen ei välttämättä vaadi kalliita investointeja, vaan rakennusten oikean käytön ja huollon parantamisella voidaan myös energiatehokkuutta parantaa.

Rakennusten energiatehokkuus ratkaistaan jo hankesuunnitteluvaiheessa. Energiatehokkuutta ei voida parantaa rakentamisen aikana. Usein energiatehokkuus alenee, koska rakennusvirheet, kompromissit järjestelmä- ja laitevalinnoissa sekä valvonnan puutteet alentavat energiatehokkuutta ja nostavat kulutusta. Ylläpitovaiheen aikana energiatehokkuus on yleensä rakentamisen tavoitetasoa huonompi, koska tilojen kuormitus ja sisäilman laatu eivät toteudu optimaalisesti. (25.)

Rakennusten energiankulutus lisääntyy seuraavista syistä:

- Sähkölaitteiden määrä kasvaa.
- Ilmanvaihtoa lisätään, koska suuressa osassa rakennuksista se on puutteellinen.
- koneellinen jäähdytys lisääntyy.
- Varuste- ja laatutasoa nostetaan.

Rakennusten energiatehokkuuteen vaikuttavat kaikki osapuolet hankesuunnittelusta ylläpitoon. Energiatehokkuutta voidaan merkittävämmiin parantaa vain mikäli kaikki osapuolet (Senaatti-kiinteistöt, Rakennuslaitos ja Puolustusvoimat) sitoutuvat yhteiseen energiatehokkuuden kehittämiseen. Tärkeää on saada erityisesti kiinteistöjen käyttäjät mukaan energiatehokkuustalkoisiin, koska he voivat omilla toimintatavoillaan vaikuttaa energiatalouteen ja sisäilman laadun kohentamiseen.

3.3 Rakennuskannan energiankulutuksen erityispiirteitä

Verrattaessa puolustushallinnon rakennusten energiankulutusta muihin rakennusryhmiin on huomioitava puolustuskiinteistöiden vaihtelevat kuormitustekijät (varusmiesten peruskoulutuskausi ja jatko- ja erikoiskoulutuskausi), tilojen olosuhdevaatimukset ja rakennusten ja rakennelmien pitkä elinkaari ja korjausvelka. Jatkuvasti käytössä olevat tilat edellyttävät ilmanvaihdon ja valaistuksen jatkuvaa käyttöä. Energian kulutusta lisäävät korkeat sisäilmaston kuormitustekijät ja rakennusten valmiudelliset vaatimukset.

4 Energiapalvelut

4.1 Energian ja veden hankinta ja tuotanto

Rakennuslaitos huolehtii ja vastaa energian ja veden toimituksesta tarpeen mukaisesti. Energia ja vesi tuotetaan itse tai hankitaan ulkopuolelta. Energian toimittaminen Puolustusvoimille varmistetaan varavoimajärjestelmillä ja ajan tasalla pidettävien valmiussuunnitelmien mukaisesti. Rakennuslaitos suunnittelee ja toteuttaa energiaverkostojen yllä- ja kunnossapidon yhteistyössä Senaatin ja Puolustusvoimien kanssa sovittujen periaatteiden mukaisesti. Energian ja veden hankinta on esitetty tarkemmin ETJ:ssä. Seuraavissa osioissa käydään läpi keskeisimpiä energiansäästön ja – tehokkuuden parantamisen mahdollisuuksia energiapalveluissa.

4.2 Kaukolämmön tilausteho ja vesimäärä

Tilavuusvirralla tarkoitetaan kaukolämpöyhtiön käyttöön varaamaa suurinta keskimääräistä kaukolämpöveden virtausta ja tilausteholla suurinta keskimääräistä lämpötehoa. Tilaustehot ja vesimäärät mitoitetaan rakentamisvaiheessa kiinteistön energiankulutukseen perustuen ja tarkistetaan takuuajana. Olemassa olevassa rakennuskannassa tarkistus on tarpeellinen, kun tehdään lämpötehoa alentavia tai suurentavia toimenpiteitä, kuten ikkunoiden vaihtaminen, ulkoseinien lisäeristäminen, lämmön talteenoton lisääminen ilmanvaihtojärjestelmään tai kaukolämpölaitteiden uusiminen

Lämmönmyyjä tarkistaa tilaustehon, kun on syytä epäillä sen oikeellisuutta tai kun asiakas perustellusti pyytää tarkistamista. Mikäli ostettu teho on yli 10 prosentin ylitse tarvittavan tehon, on syytä aloittaa neuvottelut ostetun tehon pienentämiseksi. Kaukolämmön perusmaksu määritellään tilausvesivirran ja -tehon perusteella, jonka suuruus on tyypillisesti 20–40 prosenttia kaukolämmön kokonaissummasta. Tämän vuoksi on tärkeää että kaukolämpösopimuksessa oleva tilausvesivirta ja -teho vastaa todellisuutta. (25.)

4.3 Lämmön jakeluverkoston lämpöhäviöt

Lämmön jakeluverkoston kunnossapidämisen lisäksi on kiinnitettävä huomiota verkon energiateknisiin ominaisuuksiin. Yleensä kaukolämpöverkoston ei uusita siksi, että sen aiheuttama energiahävikki on suuri verrattuna uudempiin ja lämpötekniisesti taloudellisempiin verkostoihin. Lumen sulaminen kanavan päältä lumisateella ja 1-2 asteen pakasella ei ole perusta kanavan uusimiselle, vaikka se onkin näkyvä osa energiahukasta. Lämpöhäviöiden takia verkoston uusinta ei ole yleensä kannattavaa. (26.)

4.4 Käytännön ohjeita lämpöverkoston energiatehokkuudelle

Uudet kanavat rakennetaan lämmöneristävyydeltään energiaa säästäväksi, mutta vanhojen kanavien suhteen niiden energiataloutta voidaan parantaa:

- pitämällä alueverkon tulolämpötila mahdollisimman alhaisena
- jäähdyttämällä paluuvesi mahdollisimman alhaiseen lämpötilaan, jotta paluuputken lämpöhäviöt saadaan mahdollisimman alas
- pitämällä kaivojen ja muidenkin putkistojen lämpöeristykset ehjinä ja toimivina
- seuraamalla verkoston tiiveyttä ja poistamalla putkistovuodot välittömästi. (26.)

Kaukolämpöverkon tekniset arvot kiinteistön liitännäspisteessä:

- tulolämpötila ulkolämpötilasääteisesti vähintään 65 astetta ja enintään 120 astetta
- veden jäähtyminen rakennuksen lämmönsiirtimissä vähintään 25 astetta ja kaukolämpöverkkoon palaavan veden lämpötila enintään 65 astetta
- käytettävissä oleva kaukolämpöveden paine-ero vähintään 60 kPa. (6.)

Kaukolämpöverkostojen kunto ja veden jäähtyminen tarkistetaan kiinteistökohtaisesti.

4.5 Lämmön tuotanto

Silloin kun lämpöenergiaa ei saada energialaitoksilta, joudutaan lämpö tuottamaan omilla kattilalaitoksilla. Kattilalaitoksen taloudellinen toiminta vaatii jatkuvia käytönvalvontaa, seuranta ja huoltotoimenpiteitä, jotta energiatalous saadaan pidettyä mahdollisimman hyvänä. Polttoaineesta kannattaa ottaa hyödyksi mahdollisimman paljon kattilalaitoksen korkeasta kokonaishyötysuhteesta huolehtimalla. (25.)

4.6 Sähköverkon erityispiirteitä

Alueen ja kiinteistöiden sähkövarmuutta voidaan parantaa pitämällä varavoimalaitokset kunnossa tai rakentamalla niitä lisää. Varmuutta voidaan lisätä myös varmistamalla sähkön syöttö kahdesta suunnasta niin sanotuilla rengaslinjoilla. Sähkön saanti varmistetaan myös UPS-laitteilla ja akustoilla.

4.7 Veden tuotanto ja hankinta

Veden valmistaminen talousvedeksi ja sen siirto kulutuspiirteisiin sekä lämmittäminen rakennuksessa aiheuttaa energiakustannuksia. Lisäksi jäteveden käsittely tarvitsee jälleen energiaa. Veden hankinta tapahtuu normaalisti kiinteistön liittyessä paikallisen vesilaitoksen tai oman tuotantolaitoksen kuluttajaksi. Vesi- ja jätevesilaskut muodostuvat perusmaksusta ja vesilaitoksen laskuttamasta kulutusmittaukseen perustuvasta vesi- ja jätevesimaksusta.

4.8 Vesi- ja viemäriverkon vuotojen valvonta

Alueverkon vuodot voivat olla joko vähäisiä, jolloin vuotoa on vaikea havaita ja paikallistaa, tai sitten putkistovaurioita, jolloin nopea paineen häviäminen tai veden maanpinnalle nousu on näkyvää. Molemmat vuototavat ovat haitallisia ja voivat tulla kalliiksi. Vuotojen valvonta on jatkuvaa verkoston kunnosta huolehtimista erilaisin valvontamenetelmin, kuten rakennusautomaatiojärjestelmän avulla.

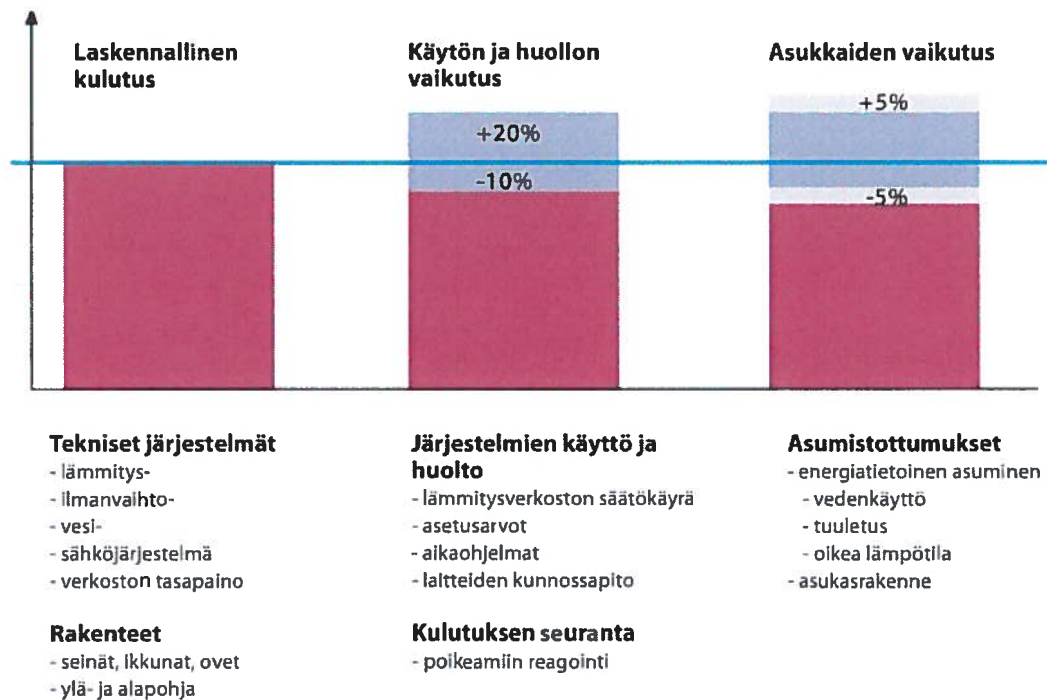
Alenemisen hälytystieto voidaan tehdä verkoston painehälyttimellä, jonka asetusarvo on viritetty riittävän lähelle normaalipainevaihtelun alarajaa poikkeaman ilmoittamiseksi. Rakennusautomaatiovalvonnan kautta vuotoseuranta ohjelmoida siten, että mitataan päämittarin menekkitieto esimerkiksi vuorokausittain ja siitä vähennetään rakennuskoh- taisten mittareiden summa, jolloin erotus on yleensä verkoston vuotoa. Päämittari voidaan myös liittää rakennusautomaatioon siten, että saadaan reaaliaikaista tietoa veden kulutuksesta ja voidaan nopeasti reagoida poikkeamiin. (25.)

Viemäriveredet johdetaan yleensä jätevesien käsittelylaitokselle ja sade- sekä perusvedet vesistöihin tai maastoon. Puhtaitten vesien pääsy jätevesiverkostoon aiheuttaa viemäreiden ylikuormittumista, jätevesilaitosten puhdistusprosessin häiriintymistä ja

myös tarpeettomia pumppauskustannuksia. Sade- ja perusvesien pääsy jätevesiverkostoon tapahtuu yleensä vuotavien betonikaivojen ja vuotavien viemäreiden takia. Viemäriverkoston kuntoa tuleekin seurata ja puuttua vuotavien viemäreiden kunnostamiseen.

5 Kiinteistöhoito

Kiinteistöhoito on kiinteistön ylläpitoon kuuluva säännöllinen toiminta, jolla pysytetään kiinteistössä halutut olot. Kiinteistöhoitoon ja -huoltoon kuuluu rakennuslaitoksella perinteinen talonmiestoiminta, kiinteistön teknisten järjestelmien hoito, ulkoalueiden hoito sekä kiinteistön jätehuolto. Kiinteistönhoidon puutteet ja varsinkin talotekniikassa tehdyt käyttö- ja huoltotekniset virheet voivat heikentää hyvin energiataloudelliseksi rakennetun kiinteistön huonosti ja epätaloudellisesti toimivaksi. Laiminlyödyt tai väärin tehdyt ylläpitotehtävät saattavat lisätä kiinteistön energiankulutusta jopa 20 prosentin ihanteellisesta tasosta, joka voidaan huomata kuviosta 6. Ihannetaso saavutetaan, kun kiinteistön rakenteet ja tekniset järjestelmät toimivat suunnitellulla tavalla.



Kuvio 6. Kiinteistön kulutustason muodostuminen.(7.)

Kiinteistöjen energiatalouden parantaminen tulee aina aloittaa kiinnittämällä huomio kiinteistön käyttöön ja ylläpitoon. Aluksi on varmistuttava, että kiinteistöä käytetään oikein ja että rakenteet ja tekniset järjestelmät toimivat suunnitellulla tavalla ja tehokkaasti. Vasta tämän jälkeen on aika pohtia, mitä kunnostus- ja korjaustoimenpiteitä voidaan tehdä energiatalouden ja sisäilman laadun kohentamiseksi. (7.)

5.1 Tekninen kiinteistöhoito

Kiinteistönhoidolla huolehditaan sisäolosuhteista ja energiataloudesta käyttämällä rakennuksen teknisiä laitteita rakennuksen ja tilojen kuormitusta vastaavalla tavalla. Ylläpidon apuna on yleensä rakennusautomaatio, jolloin valvomo- ja olosuhdeseurannalla huolehditaan oikea-aikaisesta ja oikean tehoisesta käytöstä. Valvomotarkkailuun kuuluvia tehtäviä ovat muun muassa ilmanvaihdon käyttö kuormitusta vastaavalla tavalla ja lämmityksen säätö sisäolosuhteiden tarpeen mukaisesti. Olosuhteiden valvonta on rakennusautomaatiojärjestelmän tai tarkastuskierrosten avulla suoritettua tarkkailua ja seurantaa, jolla huolehditaan siitä, että olosuhteet, energiatalous ja turvallisuus on optimoitu kiinteistössä.

Tarkastuskierrokset ovat valvontaan liittyvä olosuhteiden tai laitteiden yksilöityä toiminnan tarkastamista paikan päällä. Useat tarkastustehtävät suoritetaan huoltokierrosten yhteydessä. Tarkastusta voidaan yksilöidä muun muassa seuraavasti:

- valvontajärjestelmän avulla suoritettu laitteen tai järjestelmän toiminnan tarkastus trendiseurannalla
- tarkastuskohteena olevien laitteiden paikan päällä suoritettu testaaminen, koestaminen, virittäminen ja teknisten arvojen kirjaaminen
- tiiveys- ja vuototarkastukset putkistoissa, kanavissa ja laitteissa
- ilmamäärien ja virtaamien mittaukset. (26.)

Kiinteistöhuolto on laitteiden ja järjestelmien yleensä ennakkohuoltosuunnitelman mukaista kiinteistötyötä, jolla varmistetaan laitteille ja järjestelmille jatkuva ja moitteeton toiminta. Ennakkohuoltosuunnitelma mitoitetaan laite- ja järjestelmätoimittajien, käyttöolosuhteiden ja rakennuskohteen palvelusopimusten mukaisesti. Huolto-ohjelmien laadinnassa on paneuduttava huolellisesti laitteistojen ja rakennuksen käytön mukaiseen toimintaan sekä viranomais määräyksiin. Näin vältetään rakennuksen toimintahäiriöitä ja saadaan energiatalous pidettyä hyvänä sekä vältetään tarpeettomilta kustannuksilta.(25.)

5.2 Kiinteistönhoito ja – huolto energiatalouden kannalta

Kiinteistöhuollon aikana on tarkoituksenmukaista toteuttaa tietyn väliajoin erillisiä energiatalouden parantamiseen tähtääviä huoltotoimia. Tyypillisesti tällaisia huoltotoimia ovat seuraavat:

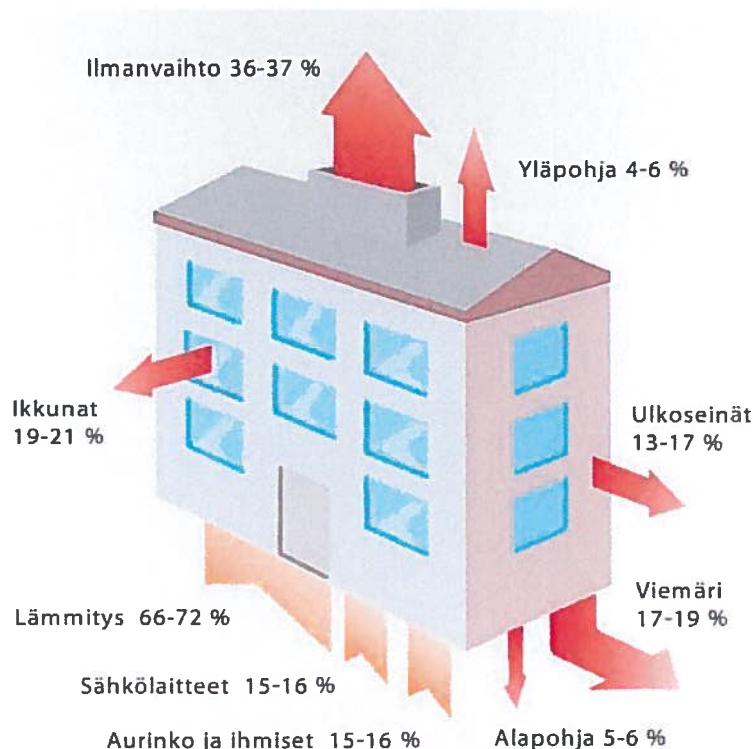
- ikkuna- ja ovitiivisteiden kunnostaminen
- valaisimien ja lamppujen uusiminen (energiesäästölamput, led)
- ilmanvaihtojärjestelmän perussäätö
- käyttövesiverkon perussäätö
- lämmityslaitteiden hoito ja huolto.

Lähtötilanteesta riippuen näiden toimien säästövaikutuksen voivat olla huomattavat. (7.)

Energiataloudellisen käytön ja huollon avulla tavoitellaan sellaista ihannetilaa, jolla kiinteistöiden käyttäjien terveellisyys, turvallisuus ja tyytyväisyys pystytään pitämään mahdollisimman hyvänä, mutta tähän palveluun käytetään kuitenkin mahdollisimman vähän resursseja ja energiaa. Tehtävän suorittaminen vaatii ammattitaitoa, aktiivisuutta, yhteistyötä ja halua palvella kiinteistön käyttäjiä mahdollisimman hyvin. Kiinteistöt aluejärjestelmineen muodostavat monimuotoisen teknisen kokonaisuuden, jolloin eritasoisten teknisten järjestelmien ylläpito vaatii ylläpitohenkilöstöltä laaja-alaista osaamista ja kokemusta sekä yhteistyötä eri toimialojen kesken.

5.3 Lämmitysenergian kulutus

Energiasäästötoimien oikein kohdentamisessa on tärkeää tietää, mistä rakennukseen tulee lämpöä ja mitä kautta se poistuu. Rakennukseen tulevien lämpöenergioiden ja lämpöhäviöiden jakautumista voidaan havainnollistaa lämpöenergiataseella, joka on kuviossa 7 kuvattuna tavanomaisesta asuinkerrostalosta (7.) Lämpöenergiaa kuluu rakennuksissa pääosin rakennuksen lämmittämiseen, ilmanvaihtoon ja lämpimän käyttöveden lämmittämiseen.



Kuvio 7. Tavanomaisen asuinkerrostalo lämpöenergiatase, (7.)

5.4 Lämmityksen käyttö ja ylläpito

Modernit automaatiolaitteet ja oikein valittu säätökäyrä pystyy pitämään lämmityksen sopivalla tasolla automaattisesti ilman huollon aktiivisia toimia. Automatisointi ei kuitenkaan korvaa ylläpitohenkilöstön läsnäoloa. Ilmastonmuutosennusteiden mukaan lämpötilamuutokset, sateisuus ja tuulisuus lisääntyvät tulevaisuudessa. Kosteat ja tuuliset säät sekä aurinkoiset ilmat aistii vain ihminen. Säätolaitte ohjaa lämmitystä vain ulkolämpötilan mukaan, mutta oikea energiatehokas lämmityksen säätö ottaa huomioon myös huonelämpötilat.

Kiinteistöjen lämmityslaitteiden oikein käyttö, huolto ja säännöllinen tarkastaminen vaikuttavat olennaisesti kiinteistön energiakulutukseen. Talotekniset järjestelmät mitoitetaan kiinteistön suunnittelu- ja rakennusvaiheessa. Oikealla käytöllä ja kulutusmuutoksiin reagoimalla kulutustasoa voidaan kuitenkin pienentää pelkästään käyttökäytännön toimenpitein. Jos ne laiminlyödään, vaikutus on helposti päinvastainen. (7.)

Usein asetetaan tavoitteeksi pudottaa sisälämpötilaa noin yhdellä asteella, joka alentaisi tilojen lämmitykseen käytettyä energiamäärää noin 5 prosenttia. Tämä on houkutteleva mahdollisuus, koska se saataisiin aikaan nopeastikin ja pienillä lisäkustannuksilla. Toteutus käytännössä ei ole kuitenkaan helppoa. (6.)

Lämmitysjärjestelmän kunnollisen toiminnan kannalta on tärkeää, ettei lämmitysverkossa ole ilmaa. Ilmaa voi kertyä kun lämmitysverkoston vedestä erkanee lämpiämisen yhteydessä happea. Parhaiten ilma poistuu, kun se imetään kompressorilla tai pumpulla pois verkostosta, mutta ilmaaminen voidaan toteuttaa myös perinteisin menetelmin, mutta silloin lopputulos on epävarmempi. (7.)

5.5 Sisälämpötilat

Sisälämpötilat tulisi pitää tiloissa käyttötarkoituksen mukaisina, mutta lämmityskauden aikana kuitenkin aina mahdollisimman alhaisina. Varuskunnissa on paljon erilaisia kiinteistöjä, joiden lämpötilavaatimukset ovat käyttäjien kanssa yhteistyössä sovittava ja dokumentoitava sekä niitä sitten huolto- ja käyttöhenkilöstön noudatettava. Ylläpitohenkilöstön tulee huolehtia lämpötilojen rajoittamisesta niin sanotuissa toisarvoisissa tiloissa, joita ovat muun muassa lämpimät varastot, autohallit ja muut aputilat. Puolustusvoimien logistiikkaosasto antoi käskyn energiansäästötavoitteiden tarkentamisesta, jonka keskeinen sisältö on sisälämpötilojen pudottaminen ja tarkempi tarkkailu (liite 5).

Yleensä käyttäjien valitukset koskevat vetoa ja liian alhaista lämpötilaa, mutta harvemmin liian korkeaa lämpötilaa. Liian korkea huonelämpötilojen ylläpitoon kuluu turhaa energiaa ja kustannuksia, minkä lisäksi korkeat lämpötilat on haitaksi terveydelle. Korkea lämpötila lisää hengitystieoireita ja väsymystä, alentaa keskittymiskykyä, aiheuttaa kuivuuden tunnetta ja edesauttaa osaltaan pölypunkkien lisääntymistä. Monesti liiallinen lämpö johtaa siihen, että käyttäjät alkavat pitää ikkunoita auki myös talvella ja energiaa menee hukkaan valtavasti.

Majoitus- ja toimistotilojen sopiva lämpötila on 20–22 °C. Operatiiviseen lämpötilaan vaikuttaa sisäilman lämpötilan lisäksi ilman virtaukset ja ympärillä olevien pintojen lämpötila. Operatiivisella lämpötilalla on merkitystä myös energian kulutukseen, koska kylmien seinä- ja ikkunapintojen takia joudutaan pitämään huoneessa normaalia korkeampaa lämpötilaa, jotta vedon tunne voidaan poistaa. (25.)

Tehokas keino kiinteistön lämmitysenergian säästämiseen on vesikiertoisen lämmitysjärjestelmän perussäätö. Perussäädöllä varmistetaan, että kaikissa huoneissa on suunnitelmien mukainen huonelämpötila, jolloin yli- ja alilämpötilat tasaantuvat, asu-
mismukavuus paranee ja energiaa säästyy. Lämmitysjärjestelmän perussäätö vaikuttaa lisäksi myös rakennusautomaation tehokkuuteen. Perussäädön avulla kiinteistön energiankulutusta voidaan vähentää 10–15 prosenttia (8). Vesikeskuslämmityksessä halutun lämpötilan saavuttaminen ja ylläpitäminen edellyttävät oikean lämmityksen säätökäyrän valintaa. Lämmitysveden lämpötilaa ohjataan ulkolämpötilan mukaan, jota säätölaitteet mittaavat ulkolämpötilanturin avulla. Karkeasti ottaen kahden asteen muutos menoveden lämpötilassa tarkoittaa noin asteen muutosta keskimääräisessä huonelämpötilassa.

Lämmityksen säätökäyrä on aina oma rakennuskohtainen yksilönsä, joka kiinteistöhoitajan tulee löytää lämmityskauden aikana. Lämmitysenergiaa säästävien toimenpiteiden, esimerkiksi ikkunaremontin, jälkeen lämmityksen säätökäyrä on ehdottomasti muistettava muuttaa. Jos säätökäyrää ei muuteta, ei lämmitysenergiaa myöskään säästy, vaan ainoastaan huoneilman lämpötilat nousevat. Lämmityksen tehoa pitäisi muistaa säätää energiasäästötoimenpiteiden jälkeen. Kiinteistön keskimääräinen sisäilman lämpötilan nousu asteella lisää lämmitysenergian kulutusta noin viisi prosenttia.

5.6 Ilmanvaihto

Puutteellinen ilmanvaihto voi aiheuttaa terveyshaittoja, muun muassa kroonista nuhaa ja yskää, ihon kuivumista, päänsärkyä ja väsymystä. Huonosti toimiva ilmanvaihto lisää myös kiinteistön käyttäjien tyytymättömyyttä ja valituksia esimerkiksi tunkkaisesta ilmasta. Puutteellisesta ilmanvaihdosta voi aiheutua myös kosteus- ja homevaurioita. Tästä syystä ilmanvaihdon toimintaa on tarkkailtava säännöllisesti.

Vanhemmassa rakennuskannassa korvausilma tuli ikkunatiivisteiden ja vaipan epätiivisyyden läpi. Vaipan piti siis olla epätiivis, jotta ilmanvaihto toimi. Jos tällaiseen rakennukseen rakennetaan ilmanvaihdon koneellinen tulo- ja poistojärjestelmä, pitää vaippa tiivistää. Tiivistäminen onnistuu helpoimmin vaipan lisäeristämisen ja ikkunoiden uusimisen yhteydessä. (25.)

Huolto- ja toimistorakennukset eroavat majoitusrakennusten ilmanvaihdon osalta siten, että niiden käyttöaste on vähäisempi ja ilmanvaihdon ohjaus korostuu enemmän. Huoltorakennuksissa on myös enemmän erillispoistoja, joissa ei ole lämmön talteenottoa (muun muassa akkupoistot). Koska käyttöaste vuositasolla on suhteellisen vähäinen (alle 30 prosentin), on iso merkitys myös sillä, miten yö- ja viikonloppuajan minimi-ilmanvaihto on toteutettu.

Tilan tuloilman lämpötilaa voidaan säätää mittaamalla ulkoilman, tuloilman ja huoneilman lämpötilat. Rakennusautomaatio säätää ilmanvaihtokoneen lämmitys- tai jäähdytyspatterin menopuolen venttiiliä ja lämmön talteenottoa antureiden mittaustietojen perusteella. Käyttämällä kaskadisäätöä ja ennakointia voidaan kompensoida nopeammin säätöpiirin häiriöitä ja vähentää lämpötilojen heilahteluja, jotka puolestaan säästävät lämmitys- tai jäähdytysenergiaa. (9.)

5.6.1 Sisäilman kostutus ja kuivatus

Ihminen ei juuri pysty aistimaan suhteellista kosteutta, vaan lähinnä lämpötilan ja kosteuden yhteisvaikutuksen. Talvella ilma on kuivaa, joten talvella sisäilman suhteellinen kosteus vähenee. Energiataloudelliset näkökohdat huomioon ottaen suositeltava suhteellinen kosteus talvella on 25–45 prosentin vain erityisistä syistä ilman kostutus voidaan viedä yli 50 prosentin. Ilman suhteelliseen kosteuteen vaikuttaa merkittävästi myös ilman lämpötila. Liian pieni ilman suhteellinen kosteus johtuukin talvisaikana useimmiten liian korkeasta huonelämpötilasta. (26.)

Kostutuksen haitat voivat huonossa tapauksessa olla saatuja hyötyjä suuremmat. Liiallinen kosteus ja huono ilmanvaihto johtavat kosteuden tiivistymiseen rakenteisiin ja homevaurioiden riski kasvaa. Kostuttimissa seisova vesi toimii kasvualustana bakteereille, joista vaarallisin on vesistä löytyvä legionella. (4.)

Tilojen kuivaamisen tarvitaan ilmankuivaaja, jonka päämääränä on pienentää sisäilman vesisisältöä. Ilman kuivaaminen tapahtuu joko kosteutta tiivistämällä eli kondensoimalla tai kosteutta kuiva-aineisiin sitomalla (sorptioimalla). Molempiin kuivaustapoihin tarvitaan paljon energiaa ja siten kuivaus on yksi eniten energiaa kuluttavista ilmastointiprosesseista. Tilojen kuivauksella saavutetaan materiaalin säilyvyyden kannalta merkittäviä etuja lämmitettyyn tilaan verrattuna. Samalla voidaan lämpötila pitää alhaisempana ja saavutetaan materiaalin säilyvyys sekä energiataloudellista hyötyä. (26.)

Jäähdytyskuivaus soveltuu kosteuden poistoon lämpimissä (yli +10 °C) tiloissa. Jäähdytyskuivaus on lämmityskuivausta taloudellisempaa varsinkin lämpimänä vuoden aikana. Puolustushallinnon kiinteistöissä käytetään paljon sorptiokuivausta, joka soveltuu parhaiten tiloihin, jossa halutaan säilyttää materiaalia hyväkuntoisena ilman lämmityskustannuksia ja joiden lämpötila on alle +10 °C, esimerkiksi lämmittämättömät kallio-suojat ja ulkovarastot.

5.6.2 Tuloilman lämpötila

Puhallettavan tuloilman lämpötila on säädettävä tarkoin, jotta tuloilman puhallus ei aiheuttaisi vetoa. Toisaalta tuloilman lämpötila on oltava mahdollisimman alhainen, jotteivät tilan sisäiset kuormat (laitteet, henkilöt ja auringon säteily) nosta tilan lämpötilaa liian korkeaksi.

Tuloilman lämpötilan säätö on tilan viihtyvyyden ja ilmaisenergian hyödyntämisen kannalta hyvin tärkeä. Tämä koskee varsinkin kokous- ja koulutustiloja, joissa hyödynnettävää lämpöä syntyy runsaasti. Kokoustiloissa voidaan tuloilman rajoitussäätö asettaa usein jopa 14 °C:een, jotta tilan lämpötila voidaan pysyttää miellyttävänä. Alhainen tuloilman lämpötila vaatii laadukasta tuloilman jakotapaa, jotta vedon tunteelta vältytään. (25.)

5.6.3 Ilmanvaihtomäärät

Sisäilman laatuvaatimukset on määritelty tiloittain rakentamismääräyskokoelmassa D2:ssa. Laatuvaatimukset koskevat rakentamista ja ovat viranomaisten asettamia vähimmäisvaatimuksia. Ilmanvaihtomäärät mitataan ja säädetään vastaanottotarkastuksen mittauksissa suunniteltuihin arvoihin ja niiden pysyvyyttä valvoo ylläpitohenkilöstö. Ilmamäärien oikeellisuus onkin varmistettava aina jos siitä ei ole olemassa luotettavia pöytäkirjoja tai epäillään ilmanvaihtomäärien muuttuneen. Ilmamäärien mittaus on syytä tehdä aina kanavapuhdistuksen jälkeen. Ilmanvaihtomäärien on todettu muuttuvan käytännössä erilaisista syistä ilmamäärien pienenemisen suuntaan:

- Suodattimet, patterit ja lämmön talteenottolaitteet ovat likaantuneet.
- Säätepeltien asennot ovat muuttuneet niiden rikkoutumisen, puhdistuksen tai muusta syystä.

- Palopelti on lauennut.
- Tuloilmaventtiilien säädöt ovat muuttuneet tai asiantuntemattomasti säädetty.
- Tuloilmasäleikkö on tukkeutunut ja huolto unohtunut. (25.)

Ilmanvaihtomäärät voivat olla tarpeettoman suuria esimerkiksi seuraavista syistä:

- Ilmanvaihdon kuristaminen jonkun osan sulkemisen tai pienentämisen takia on kasvattanut ilmamäärää tarpeettoman suureksi muissa kanavahaaroissa.
- Ilmanvaihtokanava on ollut alun perin liian iso, jolloin ilmanvaihtopuhallin puhalttaa tiloihin turhan suurta ilmamäärää ja jota ei ole vastaanottokokeissa mitattu ja säädetty. (25.)

Hyvää sisäilman laatua varmistavien määräysten vaikutuksesta ilmanvaihtomäärät ovat kokonaisuudessaan kasvaneet. Myös korjaustoiminnassa sisäilman laatua parannetaan usein ilmanvaihtomääriä lisäämällä. Tämä vähentää todellista energiansäästön määrää.

5.6.4 Ilmamäärien säätäminen tarpeenmukaisiksi

Ilmamäärät säädetään asennusvaiheessa suunnitelmien mukaisiin arvoihin. Tilojen kuormitus voi käyttöönotettuna olla kuitenkin alkuperäisiä suunnitelmia suurempi tai pienempi, joten tarkistussäädöt ovat takuuajana tarpeellisia. Myös ylläpitovaiheessa ilmamäärien oikeellisuus olisi tarkistettava ainakin pistokokein vähintään parin vuoden välein ja aina sisäilmaongelmien ilmetessä.

5.6.5 Kiinteistön painesuhteet

Kiinteistön painesuhteet voivat muuttua hyvinkin erilaisista syistä. Kiinteistön tulisi olla alipaineinen ulkoilmaan nähden rakennusvaurioiden ja ikkunoiden huurtumisen estämiseksi. Tämän lisäksi painesuhteiden tulee olla kunnossa rakennuksen sisällä siten, että niin sanotut ”likaiset” tilat ovat alipaineisia puhtaisiin tiloihin verrattuna. Painesuhteet asetetaan jo suunnittelu- ja rakentamisvaiheessa oikeiksi, mutta niiden pysyttäminen oikeina on ylläpitohenkilöstön tehtävänä.

Painesuhteiden ylläpito vaatii toimivuuden ja energiansäästön kannalta ilmanvaihtojärjestelmän moitteetonta toimintaa oikeiden ilmamäärien, käyttöaikojen, pakkokytöntö-

jen toimivuuden sekä rakennuksen vaipan tiiveyden valvonnan osalta. Auki olevat ikkunat sekoittavat painesuhteet, jolloin painesuhteiden toteutuminen ei tällöin ole mahdollista. Painesuhteiden valvontaa voidaan tehdä myös rakennusautomaatiojärjestelmän avulla. (26.)

5.6.6 Lämmön talteenotto

Pääkeinona ilmanvaihtojärjestelmän lämmönkulutuksen vähentämisessä on lämmön talteenotolla varustetun tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän rakentaminen painovoimaisen ilmanvaihdon tai koneellisen poistoilmanvaihdon tilalle. Lisäksi vanhoja lämmön talteenottolaitteita voidaan vaihtaa tehokkaammiksi. Lämmön talteenotto voi tapahtua palautusilmana, ilma-vesi-ilmalämmönsiirtimellä, ilma-lämmönsiirtimellä, regeneratiivisella lämmönsiirtimellä tai lämpöpumpulla. Pyörivillä lämmön talteenottolaitteilla saavutetaan jopa 80 prosentin hyötysuhde, mutta niissä on olemassa aina vaara, että epäpuhtauksia pääsee siirtymään likaiselta puolelta puhtaalle puolelle. Samoin voi käydä myös levylämmönvaihtimilla, joissa esiintyy usein vuotoja.

Lämmön talteenottolaitteiden jäätymistä, automaation toimintaa ja hyötysuhdetta tulee jatkuvasti tarkkailla. Jäätymistä voi tapahtua tietyissä olosuhteissa, ellei sulatusta ole automaation avulla otettu huomioon.

5.6.7 Ilmansuodattimet

Ilmansuodatuksella parannetaan sisäilman laatua ja taataan terveelliset olosuhteet. Ilmansuodattimilla lisäksi vähennetään ilmanvaihtolaitteiden ja siivouksen käyttökustannuksia. Suomen rakentamismääräysten D2:n mukaan oleskelutilojen tuloilma on suodatettava. Suodatustaso määräytyy sisäilman laadulle asetettujen vaatimusten ja ulkoilman laadun perusteella. (25.)

5.6.8 Ilmanvaihtojärjestelmän puhdistus ja perussäätö

Puhdistamaton ja säätämätön ilmanvaihtojärjestelmän seurauksena esimerkiksi:

- ilmanvaihtuvuus rakennuksessa ja/tai yksittäisessä huoneessa voi olla liian pieni tai suuri

- kiinteistön eri huoneiden ilmapvirrat ovat liian pienet tai suuret
- rakennukseen ei tule tarpeeksi korvausilmaa ulkoa (painovoimainen ja koneellinen poisto)
- rakennus on liian alipaineinen suhteessa ulkoilmaan. (7.)

Ilmanvaihdon tarkastuksessa huomatu puutteet tulee korjata, ennen kuin järjestelmä puhdistetaan ja säädetään. Korjaukset voivat merkitä esimerkiksi sitä, että korvausilmaratkaisuja parannetaan tai käyttöikänsä loppuun tullut puhallin uusitaan. Hyvään lopputuloksen kannalta mahdollinen perussäätötyö ja siihen mahdollisesti liittyvät kunnostustoimenpiteet tulee tehdä seuraavassa järjestyksessä:

- tiiviyn parantaminen, esimerkiksi ikkunoiden tiivistäminen
- ulkoilma- ja siirtoilmareittien kunnostus
- ilmanvaihtojärjestelmän puhdistus
- ilmanvaihtojärjestelmän säätö
- tarvittaessa lämmitysjärjestelmän perussäätö. (7.)

Ilmanvaihdon perussäädöllä saadaan ennen kaikkea varmistettua rakennuksen ilmanvaihdon toimivuus. Jos ilmanvaihtojärjestelmän ilmapvirrat ovat olleet ennen säätöä liian suuret tai puhaltimien käyttöaikataulut väärät, saadaan aikaan myös säästöä lämmitysenergian ja sähkön kulutuksessa. (7.)

5.6.9 Ilmanvaihdon käyttöaikojen hallinta

Koneellisen ilmanvaihdon käyntiaikataulut suunnitellaan aina kaikkia kiinteistön tilojen käyttötilanteita koskien. Käyttöaikaohjelma suunnitellaan tarvittaessa myös kohteisiin, jossa sisälämpötiloja tai valaistustehoja halutaan energiatehokkuuden kannalta ohjata vuorokausi- tai viikko-ohjelman mukaan. Tehostuspainikkeiden käyttö on suositeltavaa kun olosuhteet muuttuvat ja niiden ennakointi on vaikeaa. Painikkeessa tulee olla selkeä indikointi, jotta käyttäjä saa suoran palautteen, vaikka prosessi olisi hitaampi.

5.7 Vedenkäyttö

Energian säästö vesikustannuksissa perustuu lähinnä vedenkulutuksen pienentämiseen. Veden hankinnan yhteydessä on käsitelty alueverkostojen vaikutusta vesikus-

tannuksiin ja vuotojen valvonnan tärkeyttä. Rakennuksissa vedensäästöön voidaan vaikuttaa lähinnä kulutustottumuksia muuttamalla, vettä säästäviä kalusteita suosimalla ja erilaisten vettä kuluttavien prosessien ja jäähdytyslaitteiden tarkalla ylläpitohuollolla ja korjauksilla. Liian suuri kulutustaso todetaan yleensä kulutusseurannalla. Tämän lisäksi on tarkkailtava ja huolehdittava jokaisen kulutuspisteen vuotovalvonnasta ja puututtava epäkohtiin välittömästi. (26.)

5.7.1 Käyttövesiverkon perussäätö

Käyttövesiverkon paine kannattaa tarkistaa säännöllisesti esimerkiksi muutaman vuoden välein. Kiinteistön huoltomies voi helposti mitata vesipisteistä tulevan vesimäärän ja ehdottaa toimia vedenkulutuksen pienentämiseksi. Tyypillinen normivirtaama kylpyhuoneen suihkusta on 12 litraa minuutissa ja lavuaarin hanasta 6 litraa minuutissa. Virtaamien suuruus on helppo ja nopea tarkistaa, ja toimenpiteenä se on erityisen kannattavaa. Vesihanauksen säädöllä on saatu aikaan 10–15 prosentin säästöjä vedenkulutuksessa. (7.)










Aina vedenvirtaaman oikaiseminen pelkällä hanan säädöllä ei onnistu. Tällöin tarvitaan apuun paineenalennusventtiili. Paineenalennusventtiilillä alennetaan vesijohdon painetaso sopivaksi. Kokemusten mukaan paineenalennusventtiilin asennuksella on saatu aikaan 5–25 prosentin säästö vedenkulutuksessa. Paineenalennusventtiin avulla saadaan pienennettyä myös käyttövesiputkistosta aiheutuvia ääniongelmia. Vedenlaatu paranee, koska paineiskut ja liian suuri veden virtausnopeus irrottavat putken seinämistä kiintoainesta juomaveteen. Lisäksi suuret veden virtausnopeudet edesauttavat putkistojen korroosiovaurioiden syntymistä. Käyttövesiverkoston toimintaa tarkasteltaessa on syytä kiinnittää huomiota myös lämpimän veden kiertojohdon virtaamiin. Liian suuret kiertojohdon virtaamat lisäävät kiertopumpun sähkönkulutusta, lämmitysenergiankulutusta ja verkoston kulumista. (7.)

5.7.2 Vesikalustevuodot

Vettä säästävät kalusteet ovat vaikuttaneet vettä säästävästi. Kalustevuodot ovat yleisesti ottaen vähentyneet viime vuosikymmeninä. Termostaatti- ja yksiotehanat on todettu lähes samanarvoisiksi veden säästöissä. Lähestymiseen reagoivat hanat ovat

samanarvoisia tai vielä astetta säästävämpiä kuin yhtiötehanat, mutta käytettävyydeltään astetta parempia. Niiden kokonaistaloudellisuus on kuitenkin ylläpitokustannuksiin aina erikseen selvitettävä. (25.)

WC-astian vuodot ovat hyvin yleisiä. Vähäiset vuodot on vaikeasti todettavissa, koska näkyvää tippumista eikä äänihavaintoja esiinny. Pieni vuoto syntyy helposti pienien epäpuhtauksien takia tiivistepinnoissa sekä tiivistekumien kovettumisen takia. Nämä vuodot todetaan vasta asiaa syvällisemmin tutkittaessa. Kuviossa 8 on esitetty vesivuodoista mahdollisesti aiheutuvat lisäkustannukset.

Vuoto vuodessa		Vuotokohdan koko	Lisäkustannus
30 m ³ /vuosi Tiheä tippavuoto		Ompelulanka	 85 €
300 m ³ /vuosi Ohut vesivirta		Parsinneula	 850 €
3 000 m ³ /vuosi WC:n jatkuva vuoto		Kynä	 8 500 €
30 000 m ³ /vuosi Jatkuva vesivirta		Harjanvarsi	 85 000 €

Kuvio 8. Vesivuodoista aiheutuvia lisäkustannuksia. (7.)

5.7.3 Vettä kuluttavat jäähdytyslaitteet ja prosessit

Kompressorisyksiköiden lauhduttaminen vesijohtovedellä on energiaa ja vettä tuhlaavaa sekä kallista. Se on perusteltua yleensä vain pienitehoisissa jäähdytysyksiköissä tai varajärjestelmänä valmiudellisista lähtökohdista, missä muunlaiset lauhdutusratkaisut tulevat kokonaiskustannuksiltaan kalliiksi. Edullisin jäähdytystapa on ottaa jäähdytyk-

sestä saatava energia hyötykäyttöön, joko lämpimän veden valmistamiseen tai rakennuksen tilojen lämmittämiseen.

5.7.4 Vesikustannus

Rakennuksen vesikustannus muodostuu vedestä ja jätevedestä sekä veden lämmittämiseen käytetystä energiasta. Lämpimän veden osuus kokonaisvedenkulutuksesta on majoitusrakennuksissa yleensä noin 40 prosentin, ja kylmän veden 60 prosentin.

5.8 Höyry

Höyryä käytetään yleensä ruokalatoiminnassa. Se on kustannustehokas ratkaisu lämmittää prosessilaitteita, mutta se vaatii päivittäistä ylläpitoa. Höyryn tuotannossa voidaan käyttää kattilan hyvän hyötysuhteen saavuttamiseksi samoja periaatteita kuin lämmöntuotannossakin. Höyrykattiloissa höyryn lämpötila on aina yli 100 °C, joten lämpöviöiden kurissapitämiseksi ovat kattilaeristeet paksumpia.

Höyryn tuotannossa on otettava huomioon, että paineastian tarvitsemien käyttö- ja vastuuhenkilöiden pätevyysvaatimusten voimassaolon varmistaminen ja syöttöveden käsittelyyn ja kattilan vesipintojen puhtaanapitoon liittyvät erityistehtävät. (25.)

Höyrykattilan vesipinnan kuntoa ylläpidetään vedenkäsittelylaitteilla. Tähän vaikuttaa ennen kaikkea raakaveden laatu ja käsittelylaitteiden hoito sekä kattilan ulospuhallus. Energiatehokkuuden kannalta tärkeitä periaatteita ovat seuraavat:

- Kaikki laudevesi tulisi ottaa talteen. Tämä edellyttää lauhdeveden keräyssäiliöiden oikeaa mitoitus ja lauhdeveden lämpötilan alentamista lämmön talteenotolaitteilla esimerkiksi syöttöveden lämmittämiseen, jotta höyry ei purkaudu ulos ja tuhlaa energiaa.
- Laadukkailla vedenkäsittelylaitteilla, syöttöveden laadun tarkkailulla ja lauhdevesien hyvällä talteenotolla vähennetään höyrykattiloiden ulospuhallustarvetta ja parannetaan kattilalaitoksen kokonaishyötysuhdetta. (25.)

Energiatehokkuuden lisäämisen kannalta on oleellista lämpöeristysten pitäminen ehjinä ja riittävinä, höyryn käyttöön liittyvien oikeiden työtapojen opastaminen sekä lauhdeenerottimien säännöllinen toiminnan tarkkailu ja korjauksista huolehtiminen.

5.9 Sähköenergia

Kiinteistön sähkön käyttö jakautuu yleensä valaistukseen, taloteknisiin laitteisiin ja käyttäjien toimintaa palveleviin laitteisiin. Rakennusten sähköä käyttävien laitteiden määrä on lisääntynyt sekä kiinteistön että kiinteistön käyttäjien osalta. Useiden vuosikymmenien ajan sähkön kulutus onkin kasvanut. Ensimmäinen voimakas nousu oli 1960-luvulla, jolloin uusissa kiinteistöissä siirryttiin käyttämään painovoimaisen ilmanvaihdon sijaan koneellista poistoilmajärjestelmää. Toinen merkittävä kasvu tapahtui vuoden 2003 jälkeen, jolloin alettiin siirtyä koneellisesta poistoilmajärjestelmästä koneelliseen tulo- ja poistoilmajärjestelmään. Ilmanvaihdon lisäksi kiinteistösähkön kulutusta ovat nostaneet muun muassa kiinteistösähköä käyttävät märkätilojen lattialämmitykset. (25.)

Sähkönkulutuksen viime vuosien nousu on tasaantunut ja vuonna 2012 rakennuslaitoksella sähkön ominaiskulutukset olivat laskeneet. Tämä johtuu monesta osatekijästä mutta muun muassa valaisimien ja muiden sähköä käyttävien laitteiden paremmasta hyötysuhteesta ja lepokäytön pienennetystä sähkön tarpeesta. Sähkön käytön ympäristöluokittelut on saatu useiden laitteiden osalta yleiseen käyttöön ja ympäristömyönteisyyttä kiinteistöjen käyttäjien keskuudessa lisääntynyt. Sähkön jakautuminen on voimakkaasti kiinteistökohtainen. Kun tarkastellaan sähkön tehostamismahdollisuuksia, on selvityskohteiksi otettava kaikki osa-alueet ja laitteet.

5.9.1 Valaisimien ja lamppujen valinta

Valaisin- ja lamppuvalinta on tärkeä osa energiatehokasta valaistusta. Valaisimien vähentynyt teho vaikuttaa suoraan tilojen lämmityksen ja jäädytyksen ja sitä kautta epäsuorasti myös sähkönkulutukseen. Energiapalveludirektiivi velvoittaa Suomen tehostamaan energiankäyttöään merkittävästi. Direktiivi korostaa julkisen sektorin roolia esimerkin näyttäjänä valaistuksen energiatehokkuuden kehittämisessä. Direktiivin tärkeimmät muutokset ovat:

- Elohopealamppujen tuonti markkinoille kielletään 2015 alkaen.
- Uusissa loistelamppuvalaisimissa on oltava elektroniset liitäntälaitteet vuodesta 2017 alkaen.
- Hehkulamput poistuivat markkinoilta vaiheittain vuonna 2012.

Tulevaisuudessa tilannetta saattaa muuttaa uusien valonlähteiden tuleminen markkinoille ja esimerkiksi ledien kehittyminen varteenotettaviksi vaihtoehdoksi perinteisille valonlähteille. Tätä varten direktiivissä on varattu mahdollisuus uuteen päivitykseen vuonna 2015. (11.)

Vanhassa rakennuskannassa valaisimien valinta on kiinteistönhoidollisin keinoin rajoitettua, mutta usein kuitenkin mahdollista. Sisävalaistuksessa tulisi käyttää pääosin pitkäikäisiä loiste- ja purkauslamppuja sekä elektronisia liitäntälaitteita. Elektronisten liitäntälaitteiden avulla pienennetään valaisimien energiankulutusta, lisätään lamppujen polttoikää, parannetaan valon laatua ja vähennetään valaisimien aiheuttamaa magneettikenttää. (29.)

5.9.2 Valaistuksen säätö- ja ohjausjärjestelmät

Valaistuksen energiatehokkuuteen voidaan vaikuttaa säätö- ja ohjausjärjestelmän valinnalla. Sisävalaistuksen ohjaus on tyypillisesti toteutettu tilakohtaisin kytkimin ja säätimin, jotka ohjaavat yksittäistä valaisinta tai alueellisia valaisinryhmiä. Ohjaamalla sisävalaistusta rakennusautomaation avulla voidaan säästää huomattavasti kustannuksissa, koska se mahdollistaa sen, että valot eivät jää turhaan päälle. Yksi tapa ohjata tilojen valaistusta on liiketunnistimen antaman käyntiluvan kautta. Havaittaessa tilassa liikettä, liiketunnistin antaa valaistuksen ohjaukselle käyntiluvan. Tärkeää on asettaa liiketunnistimen päälle- ja poiskytkennän viive-ajat järkeviksi, että valo ei ohjattaisi esimerkiksi liian pitkällä viiveellä syttymään. Toinen tapa tilojen valaistuksen ohjaukseen on valoisuusanturin avulla, jolloin huomioidaan päivänvalon vaikutus tiloihin. Päivänvalon ollessa tietyn valoisuusarvon alla annetaan valaistuksen ohjaukselle käyntilupa. (10.)

Todellinen energiansäästö syntyy valaistuksen rajaamisesta alueille ja kohteisiin, joissa valaistusta tarvitaan, valon heijastuksen huomioimisesta osana valaistuskokonaisuutta, valaistuksen säätämisestä ja ohjaamisesta.

5.9.3 Valaisimien puhdistus ja huolto

Valaisimien likaisuus vaikuttaa voimakkaasti valaisimen valotehokkuuteen. Sähköenergia ei valaisimien likaisuuden takia valaise vaan energia muuttuu suoraan lämmöksi.

Lievä valaisimien likaantuminen otetaan huomioon jo valaistuksen mitoituksessa, mutta se ei poista valaisimien puhdistustarvetta. Huonepintojen likaantuminen ja tummat seinäpinnat vaikuttavat valotehotarpeeseen jopa 15 prosenttia. (25.)

Valaisimien valoteho alenee käyttöiän mukana, vaikka valaisimen ottoteho pysyykin samana. Tämä otetaan huomioon valaisimien valinnassa, mutta kovin ylimitoitettu valaistusteho ei kuitenkaan ole mielekäästä. Vaihjetaanko lamput vasta, kun se on palanut vai sarjavaihtona silloin, kun lampuista on palanut esimerkiksi 20 prosenttia, on ratkaistava tilakohtaisesti. Tällöin laskennassa otetaan huomioon muun muassa haitallisuus ja häiriöaika asiakkaille, vaihdon kustannukset, lampun valaistusteho ja vilkkuvan lampun häiritsevyys tai muut vastaavat tekijät. (25.)

5.9.4 Ulkovalaistus

Ulkovalaistuksessa käytetyimmät lampputyypit ovat suurpainenatrium-, elohopeahöyry- ja monimetallilamppu. Katuvalaistuksessa käytetään pääsääntöisesti suurpainenatriumia ja sen lisäksi pienpainenatriumia ja elohopeahöyryä. Lisäksi alue- ja katuvalaistuksessa esiintyy loiste-, halogeeni- ja hehkulamppuja. Liiketunnistimella varustettuja halogeenivalaisimia voidaan käyttää sellaisilla alueilla, joissa ei tarvita jatkuvaa valaistusta, kuten varastojen ja lastauslaitureiden edustat. (11.)

Suurpainenatrium on yleinen katuvalaistuksen lampputyyppi hyvän valotehokkuutensa ja pitkän käyttöiän johdosta. Suurpainenatriumlampun osalta katuvalaistuksessa EuP-direktiivi ei tuo muutosta. Elohopeahöyrylampun poistuminen markkinoilta vuonna 2015 on suurin EuP-direktiivin aiheuttama katuvalaistukseen kohdistuva muutos. Markkinoilta poistuvat elohopeahöyrylamput voidaan korvata esimerkiksi monimetallilla tai suurpainenatriumilla, joiden valotehokkuus on 44 prosenttia elohopeahöyrylamppua parempi, mutta energiankulutus on sama. Tulevaisuudessa siirrytään mahdollisesti myös LED-valaisimiin, mikäli ne kestävät kylmyyttä ja ennen kaikkea kosteutta. (12).

Ulkovalaistuksen ohjaus on järkevintä toteuttaa siten, että aika-ohjelmaan asetetaan aikajaksot, jolloin ulkovalaistuksen halutaan olevan päällä esimerkiksi klo 18.00–9.00 välisenä aikana. Varsinainen käyntilupa ulkovalaistuksen ohjaukselle tulisi kuitenkin ulkovaloisuusanturin mittauksen perusteella. Mittaustuloksen ollessa alle tietyn valoisuusrajan (lx) annetaan ulkovalaistuksen ohjaukselle käyntilupa.

Ulkovalaistuksessa on hyvä tarkkailla myös polttoaikoja ja huolehtia siitä, ettei hämäräkytkin ole likainen, jolloin se luulee olevan hämärämpää kuin todellisuudessa onkaan. Oikea hämärä kytkimen asetusarvo on 20 luksia. Jo 10 minuutin turha aika aamuisin ja iltaisin tekee yli kaksi tuntia viikossa ja vastaa noin 50 euron lisäkustannusta vuodessa katukilometriä kohti. (11.)

5.9.5 Sulatus- ja saattolämmitys

Sähkölämmitystä käytetään lumen- ja jäänsulatukseen sadevesirännien- ja kourujen, ulkoportaiden ja vastaavien ajoluiskien sulana pitämiseen silloin kun lumenpoisto ja liukkauden torjunta mekaanisin keinoin on kalliimpaa. Sulatuslämmityksen tarpeeton päälläolo on valvottava ja estettävä. Esimerkiksi ulkolämpötilalla ohjattu lämmityksen päälläolo esimerkiksi +2 ja -5 asteen välillä on melkoista tuhlausta, koska mainittu lämpötila, varsinkin Etelä-Suomessa on hyvin yleinen, vaikka sulanapidon tarvetta ei ole laisinkaan. Piha-alueiden lämmitysten ohjauksessa on harkittava myös lumiantureiden käyttöä. Lumiantureilla on mahdollista estää tarpeeton lämmitys, mikäli lunta ei sada.

Usein riittäisi hälytystiedon antaminen jäätymisvaaralämpötiloista ja lämmityskytkennän tekeminen käsiohjauksella, ellei hyvää automaattioratkaisua ole asennettu. Rännien ja syöksytorvien sulanapito lähellä nolla-astetta on myös valvottava ja oikein määritellyt säätörajat säännöllisesti tarkistettava. Saattolämmitystä käytetään tiettyjen jäätymisvaaralle alttiina olevien putkistojen sulana pitämiseen. Tarkoitukseen sopii parhaiten itsesäätyvä lämmityskaapeli, koska sulana pitämisen automatiikka on usein ongelmallinen vaikean ohjattavuuden takia. Saattolämmitystä tarvitsevia putkistoja ei pitäisi rakentaa kuin ainoastaan poikkeustapauksissa ja tarkoin harkituille osuuksille. (25.)

5.9.6 Autojen lämmitys

Autojen moottorien lämmitys on yleisesti ottaen ympäristöystävällistä autojen kuluminen ja varsinkin ympäristöpäästöjen takia. Lohkolämmittimen käyttö vähentää polttoaineen kulutusta 0,2–0,3 dm³/käynnistys ja vähentää pakokaasupäästöjä jopa puolella kylmäkäynnistykseen verrattuna. Moottorin käynnistys -15 °C pakkasella noin 500–600 kilometrin ajon kuluttavaa vaikutusta. Moottorin lämmitys on kokonaistaloudellista kannattavaa jo +5 °C:sta alkaen. (26.)

Talvella autojen lämmitys voi aiheuttaa suuren hetkellisen huipun sähkökäytössä, kun autoja lämmitetään samanaikaisesti. Yksittäisen auton lämmitystehoksi voi arvioida noin 1,5–2kW (29). Autojen moottorilämmitysten päälläolo on toisaalta tarpeetonta silloin kun autolla ei ole tarkoitukseen lähteä ajamaan. Tämä ongelma energian säästön kannalta on yleensä alueilla, joissa on vakio-ohjelmoitu sähkön jako autopaikeille eikä sähkökustannus kohdistu suoraan auton omistajalle. Näissä tapauksissa pyritään siihen, että kellokoneisto antaa sähköä autolle vain jokaisen asetusarvon mukaan, esimerkiksi kaksi tuntia.

5.9.7 Talotekniikan sähkölaitteiden energiatehokkuus

Talotekniikan sähkön käyttö ratkaistaan pääosin rakentamisvaiheen ratkaisulla ja tehdyillä laitevalinnoilla. Ylläpitovaiheessa voidaan LVI-laitteiden sähkön käyttöön vaikuttaa lähinnä:

- Optimoimalla käyttöaikoja ja käyttötehoja, jolloin säästetään sähkön lisäksi myös lämpöenergiaa
- Pienentämällä ilmanvaihtoa tai nesteen pumppausta, muutetaan puhaltimen tai pumpun tuottoarvoa mieluummin pyörimisnopeutta pienentämällä eikä kuristamalla virtausta.
- Varustamalla muuttuvatehoiset ilman tai nesteen paineen tai virtaamien muutokset automaattisella kierroslukusäädöllä, jolloin sähkön säästö on yleensä hyvin suuri.
- Käyttämällä jäähdytyslaitteita optimoidusti ja huolehtimalla, että jäähdytys ei ole käytössä samanaikaisesti lämmityksen kanssa
- välttämällä sähkölämmityksen käyttöä lisälämmitykseen, lukuun ottamatta poikkeustapauksia, jossa se on perusteltu kokonaistaloudellisesti
- huolehtimalla, että paineilma- ja muut sähköenergialla paineistetut verkostot ovat tiiviitä
- huolehtimalla putkistojen ja ilmanvaihtokoneiden suodatinhuollosta. (25.)

Ilmanvaihtojärjestelmä lisää rakennuksen sähkökulutusta. Sähkökulutuksen muutosta voi arvioida SFP-luvun eli ominaissähkötehon avulla ($\text{kW}/(\text{m}^3/\text{s})$). Rakentamismääräyskokoelma D3 mukaan koneellisen tulo- ja poistoilmajärjestelmän SFP-luku saa olla yleensä enintään $2,0 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$. Puhallinsähkön kulutukseen voidaan vaikuttaa tarkoituksenmukaisella palvelualuejaolla, kanavisto- ja laitesuunnittelulla sekä ilmanvaihdon

tarpeenmukaisella ohjauksella. Puhallinsähkön kulutukseen ja hyvin ohjaus- ja säätöratkaisuihin tuleekin kiinnittää erityistä huomiota kokonaisenergiakulutuksen hallitsemiseksi (29).

5.9.8 Paineilmalaitteet

Paineilman tekeminen tarvitsee sähköenergiaa, josta suurin osa kuluu erilaisiin häviöihin. Varsinkin paineilmaverkoston ja -laitteiden vuodot ovat sellaisia, joihin ylläpitohenkilöstön tulisi välittömästi puuttua. Häviöt ovat kompressorikohtaisia, mutta aina siksi merkittäviä, että kompressoreiden käyttöä ja varsinkin vuotovalvontaa on syytä tehdä jatkuvasti. Paineilmaverkon painekoe olisi syytä tehdä vuosihuollon yhteydessä. (26.)

Kompressorikoneiston hyötysuhdetta voidaan parantaa muun muassa siten, että puristettavan tuloilman lämpötilan pitäisi olla mahdollisimman alhainen ja ilman puhdasta (pohjoisseinä ja pölytön paikka) sekä ilmanottoaikan ja kompressorin välinen kanava mahdollisimman lyhyt ja väljä. (26.)

5.10 Jäähdytyslaitteet

Jäähdytystarve jakautuu kahteen osaan: sisäilmaston jäähdytykseen sekä käyttäjän kylmäprosessilaitteisiin, jotka tuotantoprosessista riippuen voivat olla tavanomaisia kylmätiloja tai pakastetiloja.

5.10.1 Kiinteistön jäähdytyslaitteet

Ilmanvaihtokoneessa käsitelty tuloilma johdetaan rakennuksen eri tiloihin. Jäähdytetyllä ilmalla poistetaan huonetilojen ylitämpöä. Tuloilma on 8–12 °C huoneilmaa viileämpää. Huonekohtaiset ilmavirrat mitoitetaan jäähdytystehontarpeen mukaan. Kun ylitämmön poisto tapahtuu ilmastoinnin avulla, vaativat ilmanvaihtokanavat runsaasti tilaa. Jäähdytys edellyttää suuria ilmavirtoja ja lämmöneristettyä tuloilmakanavistoa. (4.)

Tilojen jäähdytystä pyritään rajoittamaan sen suuren energiankulutuksen takia, koska esimerkiksi jäähdytysenergian tuottaminen noin 5–6 kertaa kalliimpaa kuin lämpöenergian. Sisäilman lämpötilan alentamista jäähdytyslaitteilla pyritään rajoittamaan raken-

nusteknisin keinoin tai esimerkiksi ikkunaratkaisuin, mutta myös ylläpidon keinoin se on useissa tapauksissa mahdollista ja taloudellista:

- lisäämällä ilmamäärää lämpötilan noustessa, jos siihen on mahdollisuutta
- sälekaihtimin ja lämpösäteilyä takaisin heijastavilla kalvoilla tai ikkunoilla
- käyttämällä kesällä yöaikaista tilojen jäähdyttämistä
- ikkunatuuletuksella ja läpitalon järjestetyllä virtauksella. (26.)

Mikäli sisäilmavaatimukset ovat S1-luokkaa, ei sisäilmaa voida yleensä hallita ilman jäähdytysratkaisuja.

5.10.2 Käyttäjän kylmätilat

Kylmätilan energiakulutuksesta suurin energiansäästöpotentiaali on tilojen käyttäjissä, kuten esimerkiksi kuinka tavaraa liikutellaan ja ovia pidetään auki. Kiinteistönhoidollisin toimenpitein tulee huolehtia kuitenkin, että kylmälaitteet toimivat mahdollisimman hyvällä hyötysuhteella, joka tarkoittaa muun muassa että

- lauhduttimet ja höyrytimet ovat puhtaita ja höyrystin sula tai pakastimien sulatus on oikea-aikaista
- kylmälaitteet huolletaan säännöllisesti (määräaikaiss- ja vuosihuollot)
- kylmätilan ja pakastimien säilytyslämpötilat on asetettu oikein
- ovien tiivisteet ovat kunnossa
- kylmätilat on oikein täytetty, eikä ole ylikuormitusta, jotta laitteen sisäpuolinen ilmakierto ei esty. (25.)

Lisäksi kylmätilojen energiansäästömahdollisuuksia ovat se että

- kasvatetaan kylmähuoneiden eristepaksuutta
- ovissa käytetään kaksoistiivistettä
- eristeenä käytetään tyhjiöpaneelia
- lauhdelämmön talteenotto
- parannetaan höyrytimen lämmönsiirtoa kasvattamalla sen pinta-alaa.(4.)

5.11 Kiinteistön käyttäjien tila- ja prosessilaitteet

5.11.1 Keittiölaitteet

Keittiölaitteet vievät runsaasti lämpö- ja sähköenergiaa sekä vettä. Energian tarpeeton käyttöä voi esiintyä keittiölaitteissa vikojen, mutta myös käytön välinpitämättömyyden ja huolimattomuuden takia. Laiteviat pyritään korjaamaan välittömästi ja hyvään energiataloudelliseen käyttötapaan opastaen. Opastaminen on sovittava teknisen henkilöstön ja ruokalatoiminnasta vastaavan henkilön yhteistyönä.

5.11.2 Muut tekniset tilalaitteet

Tila- ja prosessilaitteet ovat asiakkaiden tuotantoprosesseja palvelevia laitteita ja voivat olla hyvinkin erilaisia sekä vaatia erikoishuoltoja ja -osaamista. Hyvään energiatalouteen liittyviä laitteita ei pystytä luetteloimaan kattavasti, joten niiden yksilöinti tehdään aina kohdekohtaisesti ja ainakin energiakatselmusten yhteydessä. Kaikki laitteet, jotka käyttävät vettä, lämpöä, höyryä tai sähköä ovat energiataloudellisesti merkityksellisiä ja otettava mukaan energiatarkesteluun. Pienetkin energiaa tuhlaavat laitteet ja järjestelmät ovat tärkeitä, koska pienistäkin turhista energiavirroista saadaan yhteensä merkittäviä säästöjä. Sähkölaitteita hankittaessa olisi suositeltavaa asettaa energiatehokkuus yhdeksi hankintakriteeriksi.

5.12 Rakennustekniset laitteet ja rakennusosat

Rakennuksen energiatehokkuus muodostuu rakennusteknisesti vaipan lämpöteknisistä ominaisuuksista ja sen tiiveydestä. Kiinteistön energiansäästö mahdollisuudet kiinteistönhoidollisesti ovat muun muassa

- ovet, joiden tulee toimia moitteettomasti ja sulkeutua tiiviisti, jotta vuotavan oven haittavaikutuksia ei tarvitse kompensoida tilojen lämpötilan nostolla
- ikkunat, joiden toiminta on oltava moitteetonta ja tiivisteet kunnossa.

Rakennustekniikkaa koskevat merkittävämmät energiataloudelliset korjaukset tehdään korjausrakentamisen keinoin, mutta sitä ennen on energiataloutta pidettävä asiallisena ylläpidollisin keinoin ja vanhan rakennuksen ehdoilla.

5.13 Rakennusautomaatio

Kiinteistöautomaatiojärjestelmät ovat ylläpito-organisaation keskeinen työkalu. Rakennusautomaatiojärjestelmällä ohjataan ja valvotaan kiinteistön talotekniikkaan toimintaa niin, että asetetut olosuhteet saavutetaan mahdollisimman pienellä energiankulutuksella. Tulevaisuudessa on entistä enemmän saatavissa erilaista mittaus- ja tilatietoa kiinteistöistä ja energiatehokkuudesta, mikä lisää rakennusautomaation merkitystä. Tämä puolestaan edellyttää entistä laajempaa integraatiota kiinteistön eri järjestelmien välillä, kuten esimerkiksi kulutusmittauksen, valaistuksen ja LVIS-järjestelmien välillä. (13.)

Rakennusautomaatio ei itsestään riitä takaamaan kiinteistön energiatehokkuutta, vaan se vaatii myös jatkuvaa olosuhteiden ja energiankulutusten valvontaa ja seurantaan sekä automaatiojärjestelmän kehittämistä. Kiinteistön ylläpitohenkilöstön tulisi tehostaa rakennusautomaation käyttöä ottamalla käyttöön erilaisten mittaustrendien ja energian kulutuksen seurannan sekä tarkastella kerättyjä tietoja säännöllisesti dokumentoiden ja parantaen rakennuksen käyttöä koko rakennuksen elinkaaren ajan. (13.)

Rakennusautomaation asemaa ovat vahvistaneet myös monet tekijät, jotka liittyvät parempiin sisäilmaolosuhteisiin ja energiatehokkuuteen ja sitä kautta ylläpitokustannuksiin. Ylläpitohenkilökunnan jatkuva kouluttaminen on erityisen tärkeää. Motivoitunut ja koulutautunut henkilöstö yhdessä hyvin suunnitellun ja toteutetun rakennusautomaation kanssa mahdollistaa energiatehokkaan ja kannattavan kiinteistöpidon. (10.)

Rakennusautomaation kentälaitteiden avulla kerätään tietoa ja toteutetaan toimintoja. Alakeskuksessa on ohjelmistot ja tekniikka, joilla prosesseja hallitaan. Valvomosta käsin hoidetaan koko järjestelmän operointi. Käyttöliittymän tulisi olla mahdollisimman yhtenäinen eri rakennusautomaatiojärjestelmän toimittajista riippumatta. Ylläpidon kannalta toiminnaltaan ja rakenteiltaan yhdenmukainen ja looginen, vakioitu valvomon käyttöliittymä helpottaa operointia. Myös yhtenäiset säätöprosessit, vakioidut säätökaaviot, laite- ja pistetunnukset auttavat samaa henkilöstöä operoimaan eri kiinteistöissä. Hyvä käyttöliittymä on seuraavanlainen:

- selkeä, yksinkertainen ja luotettava
- havainnollinen ja helposti käsiteltävä
- nopeasti opittavissa ja helposti mieleen palautettavissa
- käyttäjää opastava, avustava ja käyttöä ohjaava
- toiminnan tuottavuutta edistävä, havainnollinen, nopea ja tehokas käyttöä

- visuaalisesti selkeä ja miellyttävä käyttöä
 - odottamattomissa ja kriittisissä toiminnoissa käyttäjän toimenpiteet varmistava.
- (14.)

5.13.1 Rakennusautomaation hyödyntäminen energiataloudessa

Energiataloudellisesti rakennusautomaatiojärjestelmää voidaan hyödyntää monella eritasolla muun muassa:

- kiinteistön käyttäjille reaaliaikaista tietoa energiamenekeistä
- ylläpitohenkilöstölle antaa aikaisempaa parempi työkalu kiinteistön hallintaan, huollon ohjaukseen ja energiatehokkuuden valvontaan
- omistajalle antaa kustannussäästöjä niin että investointi on myös taloudellisesti kannattava

Automaatiojärjestelmän käyttö hyödyllisenä työkaluna edellyttää sitoutumista ja osaaamista sekä yhteistyötä koko ylläpitohenkilöstön kanssa. Energiatalouden kannalta on oleellista hyödyntää valvontajärjestelmän ominaisuuksia täysipainoisesti ja osata reagoida todettuihin havaintoihin oikealla tavalla ja ymmärtää toimenpiteiden vaikutus kokonaisuuteen. Kiinteistön talotekniikan hienoviritys tapahtuu aika yksilöllisesti.

6 Energiatehokas korjausrakentaminen

Nykyisen rakennuskannan korjaamisella uskotaan saavutettavan merkittäviä energiansäästöjä. Tällöin kuitenkin unohdetaan, että rakennuksia korjataan pääsääntöisesti vain silloin kun rakennuksessa ilmenee selvä muu korjaustarve kuin energiatehokkuuden parantamistarve. Pelkästään energiansäästön takia vaippa- ja ilmanvaihtoremonttia ei kannata tehdä. Poikkeuksen tähän muodostavat usein rakennusautomaatiokorjaukset ja yläpohjan lisäeristäminen. Korjaustoiminta voidaan jakaa kahteen osaan. Ensimmäinen osa muodostuu suunnitelmallisesta korjaustoiminnasta, joka ajoittuu muun korjaustarpeen kuin energiatehokkuuden parantamisen perusteella. Toinen osa on energiansäästöhankeet, kuten yläpohjien lisäeristäminen, joka ei ole yhtä sidottu normaaliin vuosikorjaustoimintaan. (15.)

Puolustushallinnon kiinteistöjen korjausrakentamisen arvo oli vuonna 2012 yhteensä 35,1 miljoonaa euroa, mikä muodostuu kunnossapitovastikkeista, erillistilauksista ja pieninvestoinneista. Vuosikorjausohjelman mukaisesti toteutettiin noin 1500 projektia, joiden yhteenlaskettu arvo oli 19,7 miljoonaa euroa. Vuoden 2012 aikana tehtiin puolustushallinnon kiinteistöissä noin 100 investointityyppistä hanketta. Investointihankkeiden laskennallinen säästövaikutus on 1,1 miljoonaa euroa vuodessa. (16.)

6.1 Kiinteistöjen korjaus- ja kunnossapito

Kunnossapito on kiinteistön ylläpitoon kuuluvaa toimintaa, jossa kohteen ominaisuudet pidetään uusimalla tai korjaamalla vialliset ja kuluneet osat ilman, että kohteen suhteellinen laatutaso olennaisesti muuttuu. Kunnossapidon tavoite on säilyttää kohde suunnilleen senlaatuksena, kuin se oli alun perin valmistuessaan. Kohde ei kuitenkaan välttämättä pysy alkuperäisen kaltaisena, koska yleensä on tarkoituksenmukaista käyttää uudempia teknisiä ratkaisuja ja ottaa huomioon tarpeita, joita uudisrakentamisen yhteydessä ei vielä tunnettu. (26.)

Vuosikorjaus on vuosikorjausohjelmaan perustuva ennakoitavissa oleva korjaus. Vuosikorjausohjelmaan kuuluu vuosittainen korjaustarpeiden kartoitus, jota varten voidaan koota palautetta ja ehdotuksia myös kohteen käyttäjiltä. Vuosikorjausten yhteydessä voidaan tehdä myös ennakoimattomia korjauksia, joiden osuus puolustushallinnon vuosikorjausohjelmassa on noin kolmannes.

6.2 Vuosikorjausohjelman laatiminen

Kiinteistön kuntoarvioon kuuluu kiinteistön kunnan ja korjaustarpeiden selvittäminen. Kuntoarvioinnissa käytetään enimmäkseen aistinvaraisia ja kokemusperäisiä, ainetta rikkomattomia menetelmiä. Arvioinnin perusteella laadittavaa kuntoarviota voidaan usein käyttää omistajalähtöisen investointisuunnitelman tai vuosikorjausohjelman lähtötietoina.

Kuntotutkimus on rakennuksen, rakennelman tai kiinteistöön kuuluvien laitejärjestelmien yksityiskohtainen tutkinta elinkaaren vaiheen tai korjaustarpeen täsmentämiseksi. Kuntotutkimuksessa voidaan käyttää ainetta rikkovia menetelmiä, esimerkiksi kaakelien poistamista kosteusvaurioiden toteamiseksi. Kuntotutkimuksia ovat muun muassa sisäilmatutkimukset, vesi- ja viemärlaitteistojen kuntotutkimukset ja kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimukset. Kuntotutkimuksen tuloksia käytetään lähtötietoina korjaussuunnittelussa muun muassa korjausten sisällön ja laajuuden määrittämiseksi. (25.)

Energiatehokkuutta parantavien korjaustoimenpiteiden selvittämisessä tulee ottaa seuraavia asioita huomioon:

- nykyisten energiakulutustietojen käsittely, vertaaminen ja tuloksen analysointi
- energian tuhlauskohteiden listaus ja analysointi
- kannattavuuslaskelmien tekeminen ja kannattavien korjausten vieminen eteenpäin.

6.3 Energiatehokkuuden parantaminen vuosikorjaushankkeissa

Puolustushallinnon rakennuksia lämmitetään enimmäkseen kauko- tai aluelämmöllä sekä sähköllä. Kaukolämmön ja sähkön hintakehitys on ollut pitkällä aikavälillä melko tasaista, ja hinnat ovat kasvaneet verrattain maltillisesti. Sähkön hinta on kuitenkin kääntynyt selvään nousuun viime vuosikymmenen aikana. Tulevaisuudessa hintakehitys voikin olla voimakkaampaa. Vaikka tähän mennessä energian hinta ei ole juuri motivoinut rakennusten energiatehokkuuden parantamiseen, on selvää, että energian hinnan nousu kasvattaisi samalla energiatehokkaan korjaamisen ja rakentamisen kannattavuutta. (26.)

Lämmitysenergian pienennyksellä saavutettavat taloudelliset säästöt riittävät harvoin yksinään syyksi energiakorjaukselle. Energiasäästökorjaukseen on kannattavampi ryhtyä silloin, kun korjaushankkeen taustalla on jokin muu tarve. Rakennusosa tai talotekninen järjestelmä voi olla esimerkiksi teknisen käyttöikänsä lopussa, tai tilojen käyttötarkoitus muuttuu. Varsinaiset energiatehokkuutta parantavan toimenpiteen kustannukset jäävät pienemmiksi, kun toimenpiteet toteutetaan joka tapauksessa suoritettavan korjauksen tai uusiminen yhteydessä. (17.)

Korjausrakennushankkeissa suunnitteluratkaisuja joudutaan lähestymään uudisrakentamisesta poiketen eri lähtökohdista. Energiasäästökorjaukseen ryhdyttäessä on olemassa olevalla rakennuksella jo valmis muoto ja pohjaratkaisu. Korjausten suunnittelussa voidaan rakennuksen perusratkaisun sijaan vaikuttaa rakennusosiin ja talotekniisiin järjestelmiin.

6.4 Kannattavuuslaskelmat

Energiatehokkuuden parantaminen korjaustoimenpitein tarvitsee tuekseen aina kannattavuuslaskelmat. Käytännössä energiansäästömahdollisuudet ovat yleensä kiinteistökohtaisia sekä korjauskustannukset malliratkaisuista poikkeavia, ettei aikaisempia kustannuslaskelmia ja malleja voi suoraan monistaa muille kiinteistöille. Mutta kun korjaustoimenpiteet ovat pienimuotoisia samanlaisena toistuvia, niin voidaan myös tukeutua aikaisempiin laskelmiin ja tehdä päätöksiä niiden perusteella.

Energiakorjausten taloudellisuutta arvioidaan kannattavuuslaskelmilla. Laskelmien avulla vertaillaan, mitä energiatehokkuutta parantavia ratkaisuja kannattaa käyttää kyseessä olevassa korjaushankkeessa. Jotta kannattavuuslaskelma antaisi luotettavia tuloksia, selvitetään mahdollisimman tarkasti korjauksen lähtötiedot. Energiakorjauksessa tuotot muodostuvat pääasiassa vuosittaisen energiankulutuksen pientymisen myötä syntyvistä säästöistä. Varsinaiseen energiataloudellisuuden vertailuun voidaan käyttää eri laskentamenetelmiä. Näistä yksi tavallisimmin käytetty ja energiakorjausten yhteydessä yleisesti käytetty menetelmä on takaisinmaksuaika. Takaisinmaksuajan menetelmä ei huomio korkoa, ja sen kaava on yksinkertaisuudessaan: perusinvestointi / vuosittainen nettosäästö = takaisinmaksuaika. Sen heikkoutena on edellä mainittu koron huomiotta jättäminen sekä se, että se selvittää vain, kuinka nopeasti energiatehokkuutta parantava toimenpide maksaa itsensä takaisin. Se ei huomioi enää takaisinmaksuajan jälkeen saavutettavia säästöjä. (18.)

6.5 Energiatehokkuutta parantavat korjaukset

Energiatehokkuutta parantavien korjausten perustana on esimerkiksi energiakatselmuks, kuntoarvio tai sisäilmastotutkimus. Näiden pohjalta korjaushankkeen tavoitteena voi olla esimerkiksi

- sisäilmaston laatutason nosto, mikä edellyttää yleensä taloteknisten järjestelmien uusimista ja lisäämistä
- tilojen käytön ja tilatehokkuuden parantaminen ottaen huomioon tilojen todelliset käyttöasteet. (29.)

Energiatehokkuuden parantaminen on kuitenkin vain osa koko rakennuksen toimivuuteen ja taloudellisuuteen vaikuttavista seikoista. Energiatehokkuuden parantaminen edellyttää kiinteistönhoidollisten tehtävien lisäksi paneutumista energiataloudellisten korjausten suunnitteluun ja läpivientiin. Energiatehokkuuden parantaminen korjausteknisin keinoin on koko ylläpito-organisaation yhteinen asia ja sen edistämistä on tuettava kaikilla tasoilla. Energiatehokkuuskorjausten tulee olla kuitenkin aina kannattavia. Tämä edellyttää siten aina kannattavuuslaskelmien tekemistä ja seurantajärjestelmien hyödyntämistä. Seuraavassa käydään läpi yleisimpiä taloteknisten järjestelmien korjaamista energiatehokkuuden kannalta.

6.5.1 Puhaltimien ja pumppujen taajuusmuuttajakäytöt

Taajuusmuuttaja on yksi parhaiten tunnetuista energiaa säästävästä tuotteista. Oikeanlaisella taajuusmuuttajan valinnalla voidaan leikata pumppujen ja puhaltimien sähköenergiankulutusta 60–70 prosenttia, lisäksi taajuusmuuttajien takaisinmaksuaika on lyhyt. Pumppujen ja puhaltimien käyttöikä pitenee taajuusmuuttajakäytössä, koska ne eivät ole jatkuvasti käytössä täydellä nopeudella. Taajuusmuuttajakäytöllä on myös muita hyötyjä:

- Taajuusmuuttajan pienillä kierroksilla syntyy vähemmän ääntä.
- Pelti- ja venttiilimoottoreiden ei tarvitse pienentää puhaltimen tai pumpun virtausnopeutta suunnitteluarvoon. Tämä pienentää puolestaan pyörimisnopeuksia aina kun järjestelmä toimii suunnitelluissa olosuhteissa.
- Taajuusmuuttajalla toteutetussa pumppuhjauksessa saadaan verkoston yli pidetty vakiopainetta säätämällä pumpun kierroslukua.

- Ilmanvaihto saadaan toteutettua vakiopaineiseksi ja ilmavirta säädettyä tarpeen mukaan sopivaksi. Tämä lisää ilmastonin mukavuustunteita, kuten esimerkiksi vedoton ja meluton. (20.)

6.5.2 Pumppujen valinta

Pumppujen hyötysuhde on kehittynyt viime vuosina merkittävästi. Pumppujen valinta tulisi tehdä elinkaarikustannuslaskelmien ohjaamana, jolloin hankintakustannusten lisäksi otetaan huomioon myös pumpun elinkaarikustannukset. Pumppujen valinnoissa tulee huomioida energiakulutus, toimintavarmuus ja huolettavuus sekä energiatehokkaiden moottorien käyttö. (29.)

Pumppujen normaali toimintapiste on valittava aina hyvän hyötysuhteen alueelta, jolloin otetaan huomioon myös ääriarajat toimintapisteen muuttuessa eri kuormituksilla. Suuret ja keskisuuret pumput varustetaan taajuusmuuttajilla kannattavuuslaskentaan perustuen. Suurilla pumpuilla on kierrosluvun säätöautomaatio maksanut itsensä takaisin jo alle vuodessa, samalla on parannettu virtausten säädettävyyttä ja pienennetty virtausääniä. (25.)

Pumppujen pysäyttäminen lämmitysjärjestelmissä kesäaikana on useissa kiinteistöissä kielletty, koska pitkäaikainen seisokki "jumittaa" pumpun eikä pumppu käynnisty enää syksyllä. Tällöin tuhletaan kuitenkin sähköenergiaa huomattavia määriä. Oikeampi tapa on käynnistää pumppu kerran viikossa automaation avulla, esimerkiksi kymmenen minuutin ajaksi. Siellä, missä on varapumppu pääpumpun rinnalla, kannattaa pumpuille järjestää vuorottelukäynti, esimerkiksi viikon väliajoin. (25.)

6.5.3 Kaukolämpölaitteiden uusiminen

Lämmönjakokeskuksen uusiminen kuuluu vuosikorjausohjelmaan. Tyypillisesti lämmönjakokeskuksen käyttöikä on 20–25 vuotta. Uusimisen kokonaisvaltaiseen onnistumiseen vaaditaan avuksi lämpötekniikkaan erikoistunut lvi-suunnittelija, joka mitoittaa uudet kaukolämpölaitteet, hyväksyy ne alustavasti lämmönmyyjällä ja laatii tarjouspyyntöasiakirjat. Laitteuusinnan yhteydessä tulee tarkastaa koko lämmitysverkosto ja sen rakenne (esimerkiksi shunttauspiirit, mutapussit ja paisunta-astiat) ja perusmaksun

perusteena oleva tilavuusvirta. Lisäksi laiteusinnan yhteydessä suositellaan tekemään lämmitysverkoston säätö ja tasapainotus

Kaukolämpölaitteiston uusimisella varmistetaan lämmityksen oikeanlainen toiminta, energiansäästötoimenpiteenä sillä ei ole kovin suurta merkitystä. Mutta uudenaikaiset säätölaitteet, parempi kaukolämpölaitteiden eristystaso ja energiatehokkaat kiertovesipumput pienentävät kaukolämmön ja sähkön kulutusta verrattuna vanhaan lämmönjakokeskukseen. (7.)

7 Uudisrakentaminen ja peruskorjaus

Taloudellinen ja ympäristönäkökohdat huomioonottava rakentaminen tarkoittaa rakentamista hyvää energiatehokkuutta noudattaen. Säännökset ja ohjeet ohjaavat suurelta osin energiatehokasta rakentamista rakennus- ja taloteknisiltä osin, mutta niiden vaikutus antaa vain kehukset. Uudisrakentamisessa rakennuttajalle jää hyvin paljon mahdollisuuksia vaikuttaa rakennuksen energiatehokkuuteen ottamalla huomioon rakennuksen sijainti tontilla, ilmansuunnat, tilaryhmittelyt, rakennus- ja taloteknisten järjestelmien ratkaisut. Perusparannuksissa ja -korjauksissa ei mahdollisuuksia sijainnin ja ilman suunnan huomioonottamisen ole, mutta muut seikat ovat kylläkin yleensä mahdollisia. (4.)

Kiinteistö suunnitellaan palvelemaan aina haluttua toimintaa, joten energiatekniset ratkaisut eivät saa asettaa esteitä toiminnallisuudelle. Hyvä rakentaminen tarkoittaakin koko rakennuksen energiatehokkuuden optimointia koko rakennuksen elinkaarenaikaiselle toiminnalle, jossa myös käyttäjän toiminnasta johtuva energiatalous on otettu huomioon. Rakentaessa on muistettava, että rakennuksen energiataloudesta päätetään suunnittelu- ja rakentamisvaiheen ratkaisuilla. Ylläpitovaiheessa rakennusta voidaan käyttää energiataloudellisesti rakentamistasoa huonommin, mutta ei koskaan sitä paremmin.

7.1 Rakentamisprosessi energiatehokkuuden kannalta

Rakentamisprosessilla kuvataan hyvän rakentamisen toimintamalli ja sitoutetaan projektissa mukana olevat henkilöt toimimaan yhteisesti sovittujen toimintatapojen mukaisesti. Rakentamisprosessi hyvän energiatehokkuuden aikaansaamisen ei välttämättä poikkea normaalista rakentamisen toimintamallista, mutta siinä tuodaan korostetusti esiin hyvän energiatehokkuuden aikaansaamiseksi tarvittavat näkökulmat. (25.)

7.2 Tarveselvitys ja hankesuunnittelu

Tarveselvityksellä ja hankesuunnittelulla luodaan perusta toteutussuunnittelulle ja hyvälle rakentamiselle. Mikäli tarvesuunnittelu ja hankesuunnittelu on tilojen käyttäjien ja rakennusalan asiantuntijoiden kanssa puutteellisesti sovittu ja vaillinaisesti ymmärretty, voi toteutussuunnittelukin ohjautua väärille urille. Seurauksena voi olla toimimaton ra-

kennus ja huono energiatalous. Tarve- ja hankesuunnittelun työmäärä ja kustannusosuus on yleensä koko hankeprojektista vain muutamia prosentteja, mutta vaikutus hyvän rakennuksen aikaansaamiseksi huomattava. (4.)

Hankesuunnittelussa määritellään rakennushankkeelle energian kulutustavoite ja tavoitteelliset energiansäästöön tähtäävät päätökset. Tavoitteiden toteutumista seurataan kirjaamalla suunnittelu- ja toteutusvaiheissa sovitut energiansäästöratkaisut sekä energiasimulointien ja -laskentojen tulokset. Energiatehokkuustavoite on kirjattava yksiselitteisesti ja riittävän yksityiskohtaisesti hankesuunnitelmaan. (29.)

7.3 Energiatavoitteiden asettaminen

Elinkaarikustannusten laatiminen tarvitsee tuekseen hankkeen energiantarvelaskelmat. Tarveselvitysvaiheessa ne otetaan tilastoista ja vastaavanlaisista rakennuksista. Hankesuunnitteluvaiheessa ne on laskettava kyseessä olevan rakennuksen rakennusosien lämpötekniisten ja suunnittelun käyttötehokkuuden mukaisesti. Hankesuunnitteluvaiheessa voidaan myös toteuttaa ensimmäiset energiankulutuksen ja sisäolosuhteiden energiasimuloinnit periaatteellisten suunnitteluratkaisujen määrittämiseksi. (22.)

Hankesuunnitteluvaiheessa määritellään myös olennaiset rakenteiden ja järjestelmien tekniset vaatimukset sekä energiätehokkuutta indikoivat tunnusluvut, joiden toteutumista seurataan läpi suunnittelu- ja rakentamisprosessin. Rakennusteknisiä tunnuslukuja ovat muun muassa vaipanrakenteiden lämmönläpäisevyys ja tiiviys. Taloteknisten järjestelmien vastaavat voivat olla esimerkiksi ilmanvaihdon ominaissähköteho, lämmityksen pumppujen ominaissähköteho, lämmön talteenoton hyötysuhde ja valaistuksen neliöteho. (29.)

Rakennuksen valmistumisvaiheessa lasketaan tarkemmat energiamenekit, jota voidaan käyttää energiabudjetin laadinnassa ja seurannassa tavoitearvona. Tavoitearvot siirretään ylläpito-organisaatiolle huoltokirjan jatkuvaa seurantaa ja kehittämistä varten. Senaatti-kiinteistöillä on käytössä kaksivaiheinen vastaanotto-prosessi, jossa takuuajan energiakulutusta seurataan ja verrataan tavoitteisiin vuoden ja kahden vuoden jälkeen vastaanotosta.

7.4 Kiinteistön energiatehokkuuden suunnittelu

Energiataloudellisessa suunnittelussa pyritään löytämään ne ratkaisut, jotka mahdollistavat viihtyisien tilojen ylläpitämisen kustannustehokkaasti. Kiinteistön energiatehokkuuden suunnittelussa on seuraavat peruseriaatteet:

- Rakennuksen pitkät julkisivut pyritään sijoittamaan yleensä pohjoiseen ja etelään. Tällöin aurinkokuormia voidaan talvella käyttää hyväksi ja auringon lämpökuorma on tehokkaasti rajoitettavissa kesällä rakenteellisin keinoin. Asia on syytä tarkastella myös eteläsivun lisääntyvän jäähdytystarpeen mukaan, joka voi vaikuttaa jäähdytystarpeeseen ja myös energiatehokkuuteen.
- Samanarvoiset tilat voidaan sijoittaa vierekkäin. Kylmät ja lämpimät tilat ryhmitellään omiksi ryhmikseen ja vältetään lämpimien tilojen sijoittamista kylmien tilojen yhteyteen.
- Jäähdytettävät tilat pyritään sijoittamaan pohjois- ja itäisivuille.
- Tilat, joilla on sama käyttötarkoitus tai sama käyttöaika sijoitetaan vierekkäin, jotta näitä palvelevat LVI-järjestelmät saadaan mahdollisimman taloudellisiksi.
- Suuria ikkunapintoja pyritään välttämään ja ikkunarakenteissa käytetään uusimpia energiateknisiä ja luotettavaksi koettuja ratkaisuja ottaen huomioon lämpöhäviöt ja toisaalta auringon aiheuttamat liialliset lämpökuormat sekä kokonaistaloudellisuus.
- Energian kulutuksen seurannan kannalta energian ja veden kulutuksen mittaointi on oltava riittävä. Rakennukset varustetaan lämmön-, sähkön- ja veden kaukoluettavilla kulutusmittareilla. (21.)

7.5 Energiatehokkuuden parantaminen investointihankkeissa

Lämmitysenergian tarvetta pienentäviä suunnitteluratkaisuja ovat ulkovaipan osalta rakennuksen kompakti muoto, ilmatiiviys, kylmäsiltojen välttäminen sekä alhaisen lämmönläpäisyn omaavat rakenteet ja ikkunat. Taloteknisten järjestelmien suunnittelussa tulisi puolestaan pyrkiä ilmanvaihdon korkeaan lämmön talteenottoprosenttiin sekä järjestelmien pieneen lämpöhäviöön. Lämpöhäviötä pienennetään eristämällä putket ja mitoittamalla tilojen sekä lämpimän veden lämmönjakeluverkostot mahdollisimman lyhyiksi. Energiatehokkaiden uudisrakennusten suunnittelussa on korostettu rakenne- ja talotekniikan suunnittelua kokonaisuutena, jossa rakenteellisilla ratkaisuilla

pyritään ensin saamaan energiankulutus mahdollisimman pieneksi ja hyödyntämään tämän jälkeen talotekniikan keinot. (18.)

7.5.1 Ulkoseinärakenteet

Rakennuksen ulkovaipparakenteiden suunnittelulla ja optimoinnilla on suuri merkitys energiatehokkuuteen ja rakenteiden rakennusfysikaaliseen toimintaan. Huonolla rakenteiden suunnittelulla saadaan helposti aikaiseksi homehtuvia ja epätaloudellisia rakenteita (29). Ulkoseinärakenteiden korjaustavat voidaan jakaa karkeasti paikkaamiseen, päälle tehtäviin korjauksiin ja uudelleen rakentamiseen. Vanhan seinärakenteen päälle tehtävissä, peittävässä korjauksessa lisälämmöneristys asennetaan yleensä siitä syystä, että vanhan seinärakenteen vaurioitumista halutaan hidastaa. Ulkopuolinen lisäeriste ja ulkoverhous eivät kuitenkaan saa olla liian vesihöyrytiivitä verrattuna alkuperäiseen rakenteeseen, jottei syntyisi kastepistettä vanhan seinän ja uuden lämmöneristeen rajapintaa. (7.)

7.5.2 Ikkunat

Ikkunat olivat Suomessa yleensä kaksilasisia puuikkunoita aina 1970-luvun puoliväliin asti (U-arvo 2,7–3,0 W/m²K). Tämän jälkeen öljykriisin aiheuttaman energiasäästöbuumin siivittämänä, ikkunoita alettiin muuttaa kolmilasisiksi (U-arvo 2,0–2,5 W/m²K). 1980-luvulla otettiin seuraava harppaus ja siirryttiin käyttämään eristyslaselementtiä, joka koostuu kahdesta sisimmästä lasista ja niiden välissä olevasta eristävästä, kaasulla täytetystä tilasta (U-arvo 1,8–2,1 W/m²K). Nykypäivänä tyypillinen ikkunan lämmöneristävyys on noin kolme kertaa parempi kuin 1970-luvun ikkunan. Nykypäivän perusikkunan U-arvo on 1,0 W/m²K, parhaiten eristävien ikkunoiden U-arvot vaihtelevat välillä 0,6–0,8 W/m²K (7). Suomessa on käytössä ikkunoiden valmistajille vapaaehtoinen ikkunoiden energialuokitus. Energialuokituksessa ikkunalle lasketaan vertailuluku, joka kertoo, kuinka paljon ikkunarakenne aiheuttaa lämmitystarvetta vuodessa. Ikkunoiden energialuokituksessa käytetään vuotuisen energiankulutuksen asteikon luokkia A...F. (23.)

Ikkunoiden ja ikkunarakenteiden kunnossapitotarve huomataan yleensä vasta silloin, kun ikkunat ovat lähes korjauskelvottomat tai kun vedosta aiheutuvia valituksia on pal-

jon. Usein kiinteistöjen ikkunarakenteiden vaurioituminen onkin edennyt pitkälle, ennen kuin kunnostus- tai korjaustoimia saadaan liikkeelle. Ikkunoiden vauriot johtuvat muun muassa säärasituksesta. Pahimpia ovat viistosade, auringon säteily ja ilman saasteet. Eniten säärasituksesta kärsivät etelä- ja länsipuolen ja ylimpien kerrosten ikkunat. Ikkunavaurioita aiheutuu myös käytöstä ja ikkunoiden huonosta hoidosta. (7.)

Ikkunoiden vaihdoilla ja parantamisilla on saatu aikaan huomattavasti energian säästöä. Säästöt voivat olla jopa laskennallisia suurempia ilmatiiviyden parantumisen ja vetohaittojen vähentymisen takia alentuneen sisälämpötilatarpeen ansiosta. Ikkunoiden uusimisen yhteydessä on aina muistettava varmistaa ilmanvaihdon toiminta. Jos huoneiden korvausilmaa on aikaisemmin saatu vanhojen ikkunoiden ilmapuodoista, vähentää ikkunoiden vaihto huonetilaan tulevaa ilmamäärää. Tällöin ilmanvaihto jää riittämättömäksi. Ikkunoiden vaihdon yhteydessä tulee huolehtia korvausilmaventtiilien asentamisesta ja ilmanvaihtojärjestelmän perussäädöstä. Uusittujen ikkunoiden parempi ilmatiiviyys ja lämmöneristävyys on vähentänyt yleensä huonetilojen lämmitystarvetta. Tämä pitää ottaa huomioon teknisissä järjestelmissä, jotta huonelämpötilat eivät nouse liian korkeaksi. Huonelämpötilojen nousu voidaan välttää asettamalla lämmitysjärjestelmän säätökäyrä uudelleen ja perussäätämällä patteriverkko. (7.)

Hyvin eristetyn ikkunan hankinta hinta on 20–30 prosenttia korkeampi kuin tavanomaisen ikkunan. Ikkunoiden korjauskustannukset ovat noin 60–90 euroa asuineliötä kohden, kun ikkunoiden hinta on noin 450 euroa ikkunaneliötä kohden. (7.)

7.5.3 Yläpohjat

Yläpohjien lisäeristäminen oli tyypillinen energiansäästötoimenpide. Suurin osa helposti lisäeristettävistä yläpohjista on lisäeristetty jo kertaalleen. Ennen vuotta 1985 rakennettujen talojen yläpohjien lämmöneristysvaatimus oli 0,35–0,47 W/m²K, joten yläpohjieristeiden paksuus saattoi olla paksuudelta vain 100 millimetriä. Nykyisin määräysten mukaan vaatimus on 0,09 W/m²K, joka tarkoittaa vähintään 300 millimetriä paksuista eristyskerrosta. Eristeenä on usein varmintä käyttää samaa kuin alun perin rakennuksessa on käytetty.

Yläpohjaratkaisut voidaan karkeasti jakaa tuuletettuihin ja tuulettamattomiin rakenteisiin. Eri kattotyyppejen korjausperiaatteet poikkeavat merkittävästi toisistaan. Tuulettetu-

jen ja harjakattoisten rakennusten yläpohjat ovat suhteellisen helppo ja halpa lisäeristää. Niiden lisäeristys ei ole sidoksissa rakennuksen muuhun korjaustoimintaan ja niiden lämmöneristystä voitaisiin parantaa hyvinkin nopealla aikataululla. Tuulettumattomien yläpohjien lisäeristys voidaan tehdä käytännössä vain vesikatekorjausten yhteydessä. Silloin vaihtoehtona ovat eristeen paksuuden lisääminen ja mineraalivilla- tai solupolystyreenieristeen vaihto solupolyuretaaniksi. (29.)

Yläpohjien lisäeristäminen vaikuttaa yläpohjan ja vesikaton välisen tilan rakennusfysiikkaaliseen toimintaan ja lisää kosteusvaurioriskiä. Mikäli katteessa on ollut vesivuoto tai rakenteessa on muutoin kosteusongelmia, tulee ensin tarkastaa olemassa olevan lämmöneristeen kunto kosteuden ja mikrobivaurioiden varalta. Lisälämmöneristämisen yhteydessä on aina huolehdittava myös tuuletusrakojen toimivuudesta, varsinkaan reuna-alueen ilma-aukkoja ei saa tukkia. (24.)

7.5.4 Ilmanvaihtojärjestelmät

Kiinteistöiden yleisin ilmanvaihtoratkaisu oli aina 1960-luvun alkuun asti painovoimainen ilmanvaihto. Tämän jälkeen yleistyivät koneelliset poistoilmanvaihtojärjestelmät yhteiskanavapoistolla, ja ne olivat puolestaan vallitseva ratkaisu aina 2000-luvun alkuvuosiin asti. Energiatalouden kannalta molempien näiden järjestelmien ongelmana on se, että poistoilman lämpö menee täysin hukkaan. Vasta 2000-luvun alun jälkeen rakentamismääräysten kiristyttyä alkoivat koneelliset tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmät yleistyä. (7.)

7.5.5 Ilmanvaihtojärjestelmän uudistaminen

Uusi ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä ohjaa ilmanvaihtoa koneelliseen suuntaan (1). Ilmanvaihtojärjestelmää uudistettaessa painovoimainen ilmanvaihto tai koneellinen poistoilmajärjestelmä muutetaan tulo- ja poistoilmajärjestelmäksi lämmön talteenotolla. Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihdon hyvän toiminnan perusedellytyksenä on, että rakennus on mahdollisimman tiivis. Tyypillisiä vuorokohtia on muun muassa ikkunat ja ovet sekä niiden liittymäkohdat muihin rakenteisiin. Ennen investointia tulee siis tarkastaa ja tarvittaessa parantaa seinien, ikkunoiden ja ovien ilmanpitävyyttä. (7.)

Kustannustehokkaaseen ilmanvaihdon uudistamistapaan vaikuttavat rakennusvuosi, ilmanvaihtojärjestelmän kunto ja kiinteistössä toteutetut korjaukset. Erilaisia ilmanvaihtojärjestelmien ratkaisutapoja on monia. Suurimpina haasteina ilmanvaihtojärjestelmän toteuttamiselle on tilan puute kanavistolle ja konehuoneille sekä kuilujen ahtaus. Tehokkaan lämmön talteenoton toteuttaminen voi olla mahdotonta, joten joudutaan tyytymään hyötysuhteeltaan heikompaan ratkaisuun, esimerkiksi vesi-glykoli-järjestelmään. (29.)

7.5.6 Energiatehokkaan ilmanvaihtojärjestelmän suunnittelu

Ilmanvaihtojärjestelmän suunnittelussa optimoidaan järjestelmävalinta ottaen huomioon sisäolosuhdetavoitteet. Lämmön talteenottolaitteiden kehittyessä ja yleistyessä ilmanvaihdon lämmitysenergian tarve on vähentynyt merkittävästi. Tähän on vaikuttanut myös erilaisten sähkökäyttöisten laitteiden lisääntyminen, joiden käyttämä energia saadaan hyödyksi pienentämään lämpöenergian tarvetta. Hyvin toteutetulla ilmanvaihtojärjestelmällä saadaan lämmityskaudella poistoilman lämmöstä talteen jopa 80 prosenttia, mikä mahdollistaa noin 30 prosentin säästön vuotuisissa lämmityskustannuksissa.

Ilmanvaihtojärjestelmien suunnittelussa on sähköenergian tarve muodostunut ratkaisevaksi. Tämä vaatii ilmastointijärjestelmän valinnassa energiategokasta suunnittelua. Hieman ylisuuri ilmastointikone on vähän kalliimpi, mutta elinkaarikustannusten kannalta edullinen. Mitä pitempi ilmastoinnin vuotuinen käyttötarve on, sitä taloudellisempaa on valita energiategokas ilmastointikone. Valitun järjestelmän mitoittamiseen kannattaa kuitenkin perehtyä huolellisesti, sillä putkistojen ja kanavistojen suunnittelussa tehdyt virheet kostaavat helposti suurina pumppaus- ja puhallinpaineina, ääniteknisinä ongelmina ja vaikeasti säädettävänä rakennuksina. (29.)

Ilmanvaihtojärjestelmän uusiminen koneelliseksi tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmäksi lämmön talteenotolla säästää energiaa, mutta parantaa sisäilmastoa huomattavasti. Tämä merkitsee samalla kiinteistöjen käyttäjien terveydellisten olojen ja viihtyvyyden paranemista. Uudistamisen jälkeen tuloilma saadaan suodatettua, jolloin siitä poistuvat epäpuhtaudet aina pienhiukkasista alkaen. (7.)

7.5.7 Ilmanvaihtopuhaltimien energiatehokkuus

Puhaltimien valinnassa pyritään hyvään energiatehokkuuteen. Puhaltimien ja sähkömoottoreiden koon oikeilla valinnoilla on merkittävä vaikutus ilmanvaihtokoneiden sähköenergiakustannuksiin. Puhaltimet ovatkin yksi suurimmista taloteknisten laitteiden sähköenergian kuluttajista. Puhaltimet on mitoitettava hyvän hyötysuhteen alueella toimiviksi. Kierroslukusäätöisten puhaltimien käyttö on suositeltavaa jo pienilläkin ilmamäärillä, mikäli ilmastoitavien tilojen kuormitus on muuttuvaa. Ilmastointikoje valmistaa tällöin tiloille sopivaa sisäilmaa vain tarpeen mukaisesti, jolloin myös energiaa käytetään vain tarpeellinen määrä. (29.)

7.5.8 Vesi- ja viemärijärjestelmät

Vesi- ja viemärijärjestelmien korjausten yhteydessä energiatehokkuutta voidaan parantaa uusimalla vesikalusteet ja siirtymällä tarkkaan vedenmittaukseen. On kuitenkin muistettava, että keskeisin edellytys alhaiselle vedenkulutukselle on toimiva ja perussäädetty käyttövesiverkko. (7.) Vedenkulutus on riippuvainen tekniikasta, mutta myös käyttötottumuksista.

Vanhojen vesihanojen uusimisella saavutetaan tavallisesti 10-25 prosentin säästö vedenkulutuksessa. Nykyaikaisista hanoista virtaa normaalisti vettä säästövirtaamalla, joka on noin 60 prosenttia maksimivirtaamasta. Uusien hanojen maksimivirtaama on aina muistettava mitata ja tarvittaessa säätää oikeaksi. WC-istuimissa huuhteluveden määrässä on suuria eroja. Pelkästään vaihtamalla vanha, yhdeksän litraa huuhtelukerralla kuluttava wc-istuin nykyaikaiseen kaksoishuuhtelulla varustettuun malliin on mahdollista saada aikaan jopa 75 prosentin säästö wc:n vedenkulutuksessa. (7.)

7.5.9 Lämmitysjärjestelmä

Lämmitysjärjestelmän uusimisella saavutettavat säästöt lämmityskustannuksissa ovat hyvin riippuvaisia siitä, mikä on alkutilanteen lämmitysenergian hinnan suhde uudistuksen jälkeiseen lämmitysenergian hintaan. Käytännössä tämä tarkoittaa esimerkiksi öljyn hinnan suhdetta kaukolämpöön, sähköön tai pellettiin.

Lämmitysjärjestelmien tekninen käyttöikä kaukolämpölaitteissa on 20–25 vuotta, öljylämmityslaitteistoissa säiliöiden käyttöikä on 20–50 vuotta ja öljykattilassa 30–40 vuotta. Sähkölämmitteisten lämminvesivaraajien ja sähköpattereiden käyttöikä on 20 vuotta. Lämmönjakeluun liittyvät putkistot ovat hyvin pitkäikäisiä, teräsputket ja lämmityspatterit kestävät todennäköisesti koko rakennuksen käyttöiän. Muoviputkien käyttöiän on arveltu oleva vähintään 50 vuotta. (7.)

7.5.10 Lämmitystavan muuttaminen

Lämmitysjärjestelmien ja erityisesti lämmöntuottolaitteistojen tullessa teknisen elinkaarensa päähän on hyvä pohtia, millaisia vaihtoehtoja on tarjolla lämmöntuottotavoiksi. Suunnittelun kannalta huomioitavia asioita ovat mahdollisten olemassa olevien laitteistojen ja verkostojen mitoituslämpötilat ja niiden soveltuvuus eri lämmitysmuodoille. Seuraavassa käydään läpi tavallisimmat päälämmitysmuodot: kaukolämpö-, pelletti-, maalämpö- ja lämpöpumppujärjestelmät. (7.)

Kaukolämpöön liittyminen edellyttää, että kiinteistö sijaitsee kaukolämpöverkon alueella. Kaukolämpö on varteenotettava vaihtoehto öljylämmitykselle tai varaavalle sähkölämmitykselle. Kaukolämmitys on ollut pitkään markkinoilla, joten suunnittelijat ja urakoitsijat osaavat hyvin kaukolämpölaitteistojen mitoittamisen ja asentamisen. Kaukolämpöön siirtymisessä ovat ratkaisevassa roolissa ennen muuta energiataloudelliset vertailulaskelmat ja hankkeen taloudellinen kannattavuus. Itse laitteisto mahtuu pieneen tilaan, joten sen sijoittaminen on varsin helppoa. Kaukolämmön energiatehokkuus perustuu sähkön ja kaukolämmön yhteistuotantoon. (7.).

Pellettilämmityksessä puupellettejä poltetaan kattilaan kytketyllä polttimella, jolle pelletit siirretään kuljettimella pellettivarastosta. Pellettilämmitys soveltuu parhaiten öljylämmityksen korvaajaksi. Pellettilämmityksen soveltuvuuden kynnyksysymys on, mahtuvatko pellettilämmityslaitteistot ja pellettisiilot kiinteistölle. Pellettilämmitysjärjestelmä vaatii säännöllistä ylläpitoa vähintään kerran kuussa, ja kattilan lämmönsiirtopinnat tulee nuohota säännöllisesti, jotta lämmitysjärjestelmän hyötysuhde pysyy hyvänä. (29.)

Maalämpöpumppujärjestelmä soveltuu sellaisiin kiinteistöihin, joissa on vesikiertoinen lämmönjakotapa. Potentiaalisimpia kohteita ovat öljylämmitteiset ja varaavalla sähkö-

lämmityksellä varustetut rakennukset. Maalämmön lämpökaivojen poraaminen tuli luvanvaraiseksi toukokuussa 2011. Käytännössä esteitä voivat olla maanalaisen rakentamisen kielto tai merkittävä pohjavesialue. Kaikki riskit ovat minimoitavissa pohjatutkimuksilla, oikealla lämpökaivojen suunnittelulla ja huolellisella toteutuksella. Maalämpöpumpputjärjestelmä mitoitetaan tyypillisesti siten, että sillä tuotetaan kiinteistön tarvitsemasta lämmitysenergiasta 80–95 prosenttia. Tämän tyyppinen mitoituksen hyötyjä on alhaisemmat investointikustannukset. Puuttuva osa tuotetaan varalämmönlähteellä, kuten öljylämmityksellä tai suorasähköllä. Maalämpöjärjestelmää suunniteltaessa on muistettava tarkastaa sähköliittymän riittävyys. Lämpöpumput lisäävät kiinteistön sähkökuormaa huomattavasti, jolloin on mahdollista, että pääsulakkeiden ja liittämajohdon kokoa joudutaan kasvattamaan. Maalämpöjärjestelmän hankinta 10 000 m³:n kerrostaaloon maksaa noin 200 000–300 000 euroa. (7.)

Lämpöpumpputjärjestelmät voidaan jakaa lämpöenergian ottotavan mukaan ilmalämpöpumput, maalämpöpumput, poistoilmalämpöpumput ja ilma-vesilämpöpumput. Lämpöpumput ottavat talon ympäriltä uusiutuvaa energiaa jopa 75 prosenttia talon tarpeesta. Lämpöpumppu soveltuu parhaiten öljylämmitteisiin ja varaavalla sähkölämmityksellä varustettuihin kiinteistöihin, koska lisälämmönlähteenä käytetään vanhaa lämmitysjärjestelmää, jos se on edelleen käyttökunnossa. Parhaiten lämpöpumpputjärjestelmät soveltuvat pieniin kiinteistöihin ja esimerkiksi varastoihin. (4.)

7.6 Sähköenergian kulutuksen vähentäminen

Suurin osa sähköenergiasta saadaan lämmityskauden aikana hyödyksi rakennuksen lämmitykseen, mikäli säädöt on suunniteltu ja toteutettu oikein. Sähköenergia on lämpöenergiaa kalliimpaa, ja sen hyödyntäminen lämmityskauden ulkopuolella edellyttää kuitenkin suuria ponnisteluja sähköenergian käytön rajoittamiseksi. Seuraavassa on luettelo tyypillisistä säästökohteista:

- Valaistusta käytetään vain tarpeen mukaan.
- Tietotekniset laitteiden hankinnassa on painotettava energiatehokkuutta. Lisäksi on laitteiden käyttöön ja asetuksiin on kiinnitettävä erityistä huomiota.
- Sähkölämmitystä käytetään vain erityistapauksissa. (25.)

7.7 Huoltokirja

Huoltokirja on pakollinen uusissa rakennuksissa, ja sen tavoitteena on saada kiinteistön ylläpitoa varten sellainen tiedostokokonaisuus, jolla kiinteistöä on mahdollista hoitaa suunnitelmallisesti ja varmistamaan energiataloudellisesti sopiva taso.

Huoltokirjan laadinta aloitetaan uudisrakentamisessa ja perusparannushankkeissa jo hankesuunnitteluvaiheessa, jolloin laadinnan periaatteista on päätettävä. Laadinnan organisoii rakennuttajakonsultti Senaatti-kiinteistöiden toimintamallin mukaisesti, ja huoltokirjan laatii huoltokirjakoordinaatti.

Huoltokirjojen tekemisen osalta yleisin ongelma on muun muassa liian myöhään aloittaminen. Huoltokirjan kokoaminen on tärkeä aloittaa jo suunnitteluvaiheessa, ja sen pitäisi olla käytettävissä jo rakennuksen vastaanottovaiheessa. Ongelmana on kuitenkin, että rakennuksen kaikki laitteet tunnetaan varmasti vasta rakennuksen valmistuttua ja takuuajanakin voi tulla muutoksia. Jos huoltokirja valmistuu vasta takuuajan lopussa, ei sitä ehditä koekäyttää eikä siihen liittyviä virheitä eikä puutteita saada helposti valvojen ja ylläpito-organisaation toimesta korjautettua

7.8 Rakennus- ja taloteknisten töiden valvonta ja vastaanotto

Rakennuksen toteutusvaihe on valvonnan kannalta keskeinen. Jos rakentamisessa tapahtuu virheitä, energia- ja muut käyttökustannukset saattavat kohota tai rakennuksen sisäilmastosta saattaa tulla epätyytyttävä (4). Valvonnan tulee edistää työsuorituksia ja ehkäistä rakennusvirheitä sekä olla suunnitelmallista ja kattavaa. Mitä tarkemmin valvoja suorittaa valvontaa ja tekee muita tarkastustoimenpiteitä, sitä suuremmalla todennäköisyydellä rakennusvirheet paljastuvat. Jatkuvassa valvonnassa valvojan tulee puuttua riittävän tiukasti havaitsemiinsa virheisiin heti eikä vasta vastaanottotarkastuksessa. Valvojan tehtävänä ei ole toimia työnjohtajana vaan toimia työnjohtajien, suunnittelijoiden ja rakennuttajan välisenä yhteyshenkilönä, joka vastaa antamistaan ohjeista ja määräyksistä tilaajalle.

Sisäilmaston ja energiatehokkuuden varmistamiseksi on olemassa seuraavia toimenpiteitä:

- Energiatehokkuuden tason saavuttamiseksi projektille on nimettävä vastuuhenkilö, kollektiivinen vastuu ei toimi.
- Huolto- ja ylläpito-organisaation tulee kytkeä projektiin tarpeeksi aikaisessa vaiheessa.
- Sisäilmaston ja energiatehokkuuden tavoitteita tulee tarkastaa läpi projektin.

7.8.1 Tiivistysvirheet

Rakennuksen vaipparakenteiden (ulkoseinät, ovet, yläpohja ja alapohja) ilmantiiveys on tärkeää monesta syystä: lämmitysenergian kulutuksen, asuinviihtyvyyden, ilmanvaihdon toiminnan ja rakenteiden toimivuuden vuoksi. Rakennusten vaipan ilmanpitävyyttä voidaan tarkastella tiiviysmittauksin. Tiiviysmittauksissa ilmatiiviyys todetaan paine-erokokeella, jossa rakennuksen sisään tuotetaan yli- tai alipaine, jonka perusteella määritellään ilmanvuotoluku (4). Yhdistämällä tiiviysmittaukset lämpökuvaukseen ja merkisavujen käyttöön on mahdollista selvittää tehokkaasti rakennuksen vuotokohtat, jotka voidaan tämän jälkeen korjata. Yleisimmät vuotokohtat ovat ikkunat ja ovet ja niiden liittymäkohdat muihin rakenteisiin (7).

Ilmatiiviyden varmistamiseksi on hyvä tehdä jokaisesta liitostyypistä ja läpiviennistä esimerkkiasennus, jonka rakennesuunnittelija tai lvi-suunnittelija sekä kohteen valvojat tarkastavat ja korjaavat mahdolliset puutteet (29).

7.8.2 Laitetekniset virheet

Ilmanvaihtokoneiden luotettavuuden ja energiatehokkaan toiminnan edellytyksenä on, että niiden huolettavuus on otettu huomioon suunnittelussa ja toteutuksessa. Suunnittelussa koneille on varaan riittävän suuret tilat ja ne sijoitetaan niihin oikein (4). Jos ilmanvaihtourakoitsija esittää suunnitelmista poikkeavia ratkaisuja, on valvojan ja suunnittelijan oltava erityisen tarkkana energiatehokkuus ei vaarannu.

Termostaattisten patteriventtiileiden toimimisen edellytyksenä on, että termostaatti reagoi huoneen lämpötilaan eikä esimerkiksi patterilta nousevan ilmavirran lämpötilaan. Erityistä huomiota pitää kiinnittää seinässä ja lattiassa kulkeviin lämpöputkiin. Niiden

lämmönluovutus saattaa tulla niin suureksi, ettei huonelämpötilaa pystyä pitämään halutuissa rajoissa edes termostaattisilla patteriventtiileillä. (4.)

7.8.3 Rakennuksen vastaanotto

Toimivuuden ja käytettävyyden edellytyksenä on vaiheittainen ja systemaattinen vastaanottomenettely. Toisen vaiheen tavoitteena on nollavirhe- ja puuteluettelo. Vastaanottovaiheessa rakennukselle tehdään käyttötarkoituksen mukaan seuraavat tarkastukset ja koulutukset: toimintakokeet, tarkastusmittaukset, käyttäjien- ja ylläpito henkilöstön koulutukset, käyttöönottokatselmus ja loppukatselmus.

7.8.4 Käyttöönotto

Ennen rakennuksen käyttöönottoa suoritetaan toimintakokeet, joissa mitataan ilmanvaihdon tilavuusvirrat, lämpötiloja, laitteiden toimintaa ja painetasoja. Ensimmäisenä käyttövuotena rakennuksen laitteiden ja järjestelmien säätöarvoja haetaan ja käyttäjien toimintatapoja opetellaan. Toisena vuotena tehdään laitteiden lopullinen hienosäätö ja optimoidaan käyttö (29). Käyttöönottoprosessin tarkoituksena on varmistaa, että uuden ja peruskorjatun rakennuksen taloteknisten järjestelmien energiataloudellinen käyttö ja oikea toiminta sekä hyvät sisäilmaolosuhteet toteutuvat.

7.8.5 Käyttäjien- ja ylläpito-organisaation koulutus

Kiinteistön käyttäjien tietotaito on usein puutteellinen eikä ylläpito henkilöstöllä välttämättä ole varsinaisten energiateknisten järjestelmien tuntemusta. Jotta kiinteistön käyttäjät saavat rakennuksessa parhaan mahdollisen kiinteistöpalvelun omalle toiminnalleen, tarvitsee käyttöönotto onnistuakseen käyttöönottosuunnitelman, joka sisältää

- käyttäjän toiminnan selvittämisen rakennuksessa
- selvityksen ylläpito-organisaation, käyttäjän ja urakoitsijoiden vastuurajapinnassa olevista tehtävistä
- huoltokirjan ja käyttäjäkansion läpikäymisen
- yhteystiedot ja takuuajan toiminnan (muun muassa virheistä ja puutteista ilmoittaminen ja takuuhuollot)

Käyttöönotto-opastus annetaan kaikille, jotka ottavat vastuulleen tilojen käytön. Koulutajina toimivat rakennuslaitoksen valvojat, asiantuntijat ja ylläpidon vastuuhenkilöt. Koulutuksessa esitellään rakennuksen käyttötapaa erilaisissa tilanteissa sekä kerrotaan rakennuksen käyttäjäkansion- ja pelastussuunnitelman sisältö ja toiminta vaaratilanteissa. Koulutukset pidetään pääosin rakennuksen takuuajana.

8 Yhteistyö energiatehokkuuden parantamiseksi

Energiatehokkuuden parantaminen ei onnistu täysimääräisesti ilman rakennuksen käyttäjien (puolustusvoimien henkilökunnan ja varusmiesten) saamista mukaan säästö-talkoisiin. Varuskuntien kiinteistöiden ylläpito-organisaatiot ovat usein turhautuneita energiansäästötavoitteiden asettamisesta, mikäli kiinteistöiden käyttäjät eivät ole energiansäästöstä kiinnostuneita.

Käyttäjien energiasäästö ja sen merkitys

Käyttäjillä on vain osittain merkitystä kiinteistöiden energiansäästötyössä, koska rakennuksen tekninen toiminta ja toiminnan ohjaus vaikuttaa suurimman osan energian kulutuksen syntymiseen. Käyttäjien tehtävät energiansäästämässä ovat käyttötottumuksiin liittyviä toimintoja:

- Valot jäävät palamaan tyhjillään oleviin tiloihin.
- Ikkuna jää auki tai raolleen.
- Vesihana voi olla auki tarpeettoman pitkään ilman käyttöä.
- Ilmastoinnin tehostamista käytetään turhaan.
- Säädetään termostaattiventtiilejä, jolloin ilmaenergioita ei saada hyödyksi.
- Säädetään ilmanvaihtoventtiilejä, jolloin ilman jako häiriytyy.
- Vuodoista ja vioista ei ilmoiteta, jolloin syntyy energian tuhlausta jne.

Käyttäjän vaikutus kiinteistön energiatalouteen voi olla noin 5–15%, riippuen kiinteistön teknisestä kunnosta.

Ylläpito-organisaation ja käyttäjien tehtävien rajapinta

Käyttäjien motivoinnin onnistuminen energiansäästötyöhön on riippuvainen monista seikoista. Eräs motivaation pienentäjä on epäselvät vastuu- ja tehtävärajat käyttäjien -, taloteknisten - ja muiden laitteiden käytöstä ja huollosta käyttäjien ja ylläpito-organisaation välillä. Jokaiseen varuskunnan yksikköön, esimerkiksi kasarmeihin, tulisi laatia kiinteistövastaavien toimintaohje. Ohjeeseen kirjataan kaikki tavanomaiset kiinteistöhoitosopimukseen kuuluvat tehtävät, yksikölle kuuluvat tehtävät ja ylläpitosopi-

mukseen kuulumattomat tehtävät, jotka tehdään erillistilauksella. Lisäksi ohjeeseen tulee energiatehokkuuteen liittyviä valvontavastuita.

Vikailmoitukset

Rakennuslaitoksella on käytössä sähköinen vikailmoitusjärjestelmä, jonka kautta käyttäjät ja rakennuslaitoksen henkilöstä voi ilmoittaa kiinteistöissä havaituista vioista. Ylläpito-organisaation henkilöstöressurssien käytön sekä hyvän energiatalouden kannalta on tärkeää hälytysten ja vikakorjausten erottelu kiireellisyysluokkiin. Tärkeää on varmistaa, että vikailmoitusjärjestelmä saadaan pidettyä luotettavana ja vikakorjaukset suoritettua sovitulla tavalla, myös lomien ja poikkeustilanteiden aikana. Palvelun suoritusilmoitus on ilmoittajalle tärkeää, koska hän saa palautteen ilmoittamansa vian korjauksen suorittamisesta. Töiden kuittaamisen ollessa paremmin ajan tasalla se lisäisi kiinteistön käyttäjien kiinnostusta seurata ja käyttää huoltokirjajärjestelmää ja antaa palautetta myös sitä kautta, kun tietää, että ylläpito-organisaatio käyttää aktiivisesti järjestelmää.

Yhteistyöpalaverit energiatehokkuuden parantamiseksi

Yhteistyötä kehittäviä ja energiatehokkuutta parantavia toimintamuotoja ovat yhteiset kehityspalaverit rakennuslaitoksen, joukko-osaston ja Senaatti-kiinteistöiden välillä.

9 Johtopäätökset

Kiinteistön energiankulutus on riippuvainen monista tekijöistä. Rakenteellisten- ja taloteknisten järjestelmien ratkaisut vaikuttavat monen tekijän kautta energiankulutukseen. Inhimilliset tekijät kuten ylläpito henkilöstön huoltotottumukset vaikuttavat osaltaan energianhallintaan. Energiatehokkuuden parantamiseksi kiinteistöiden käyttäjien ja ylläpito henkilöstön myönteinen asenne ja motivaatio ovat välttämättömiä. Positiivisella palautteella, kannustamisella, neuvonnalla ja opastuksella, koulutuksella sekä kiinteistöhoitajien ja heidän esimiestensä paremmalla yhteistyöllä voidaan saada paljon aikaiseksi.

Olemassa olevan rakennuskannan energiatehokkuuden parantaminen on haasteellista. Puolustushallinnon kiinteistöiden korjausvelan vuoksi korjausrakentaminen on painotunut välttämättömiin ja usein ennakoimattomiin korjauksiin jotta kiinteistöt pysyvät käyttökunnossa. Ylläpito-organisaation suurimpia haasteita on, kuinka toteutetaan korjausrakentamista energiatehokkuutta parantaen. Korjausprojektien vastuuhenkilöt pitää saada tiedostamaan paremmin kiinteistöiden energiankulutus ja korjaushankkeet mahdollisuutena parantaa niiden energiatehokkuutta. Tämä edellyttää entistä tehokkaampaa tiedonvaihtoa rakennuslaitoksen toimialojen kesken, rakennuttamis-, kiinteistö- ja tekniset palvelut.

Sähköisen huollonohjausjärjestelmän käyttö, ylläpito ja tehtävien kuittaaminen pitää olla kiinteä osa huoltomiesten työnkuvaa, joka pitää jokaisen rakennuslaitoksen organisaatiotason tiedostaa. Pelkkä kulutuslukemien kerääminen voi tuntua huoltomiehistä turhautavalta, mutta seurannan jalkauttaminen ja vastuuttaminen huoltomiehille omien vastuukiinteistöiden osalta motivoisi käyttämään energianseurantaa enemmän työkaluna. Jos huolto- ja vikakorjaustöiden kuittaamiset olisivat paremmin ajan tasalla, kasvat-taisi se varmasti myös ylläpito henkilöstön ja kiinteistön käyttäjien kiinnostusta seurata ja käyttää huollonohjausjärjestelmää ja antaa palautetta myös sitä kautta, kun tiedetään, että järjestelmä on aito dynaaminen työkalu.

Rakennusten poikkeavat energiankulutukset käyttötarkoitusr ryhmien sisällä eivät ole selitettävissä pelkästään rakennusten ominaisuuksilla ja teknisillä syillä, vaan taustalla on myös paljon hallinnollisia ja kiinteistönhoidollisia syitä sekä piintyneitä käyttötottumuksia. Rakennusten energiatehokkuuden parantaminen ei siis vaadi välttämättä kallista investointeja, vaan käytön ja huollon tarkentamisella voidaan myös energiatehokkuutta parantaa.

10 Yhteenveto

Kiinteistöjen energiatehokkuuden parantaminen on riippuvainen monesta tekijästä. Yksinkertaisesti se voi olla toimintaperiaatteiden ja käyttötottumuksien muokkaamista. Isomassa mittakaavassa voi energiatehokkuuden parantaminen merkitä koko kiinteistön julkisivun, vesikaton tai lämmitysjärjestelmien uusimista. Energiatehokkuuden parantaminen tarkoittaa energiansäästöä kustannustehokkaasti, mutta mikäli nykyisiin energiansäästötavoitteisiin ja tulevaisuudessa vielä kiristyviin energiatehokkuusvaatimuksiin halutaan päästä, on kaikkien toimijoiden, omistajien ja ylläpito-organisaation tehtävä myös päätöksiä, jotka eivät ole välttämättä kustannustehokkaita.

Energiatehokkuuden kannalta tarpeeton energiankäyttö on karsittava ja tarpeellinen käyttö optimoitava. Energiankulutuksen kasvaessa kiinteistössä on tärkeää selvittää syyt kulutuksen kasvuun ja tarvittaessa tehdä korjaavia toimenpiteitä. Tilanteissa, joissa kiinteistön energianseurantaan ei riitä resursseja, olisi tärkeää miettiä palveluiden ostamisesta kulutusseurannan managerointiin erikoistuneelta yritykseltä.

Energialoudellisen käytön ja huollon avulla tavoitellaan sellaista ihannetilaa, jolla kiinteistöiden käyttäjien terveellisyys, turvallisuus ja tyytyväisyys pystytään pitämään mahdollisimman hyvänä, mutta tähän palveluun käytetään kuitenkin mahdollisimman vähän resursseja ja energiaa. Tehtävän suorittaminen vaatii ammattitaitoa, aktiivisuutta, yhteistyötä ja halua palvella kiinteistön käyttäjiä mahdollisimman hyvin. Kiinteistöt aluejärjestelmineen muodostavat monimuotoisen teknisen kokonaisuuden, jolloin eritasoisten teknisten järjestelmien ylläpito vaatii ylläpitohenkilöstöltä laaja-alaista osaamista ja kokemusta. Uudisrakennuksissa on kiinteistöjen ylläpitohenkilöstölle tarpeen järjestää syventävä perehdytys kiinteistön LVISA-järjestelmiin. Tavoitetaso ja vaatimukset on esitettävä riittävän selkeästi kiinteistön vastaanottovaiheessa ja huoltokirjassa, jonka laadinta tulee aloittaa riittävän ajoissa.

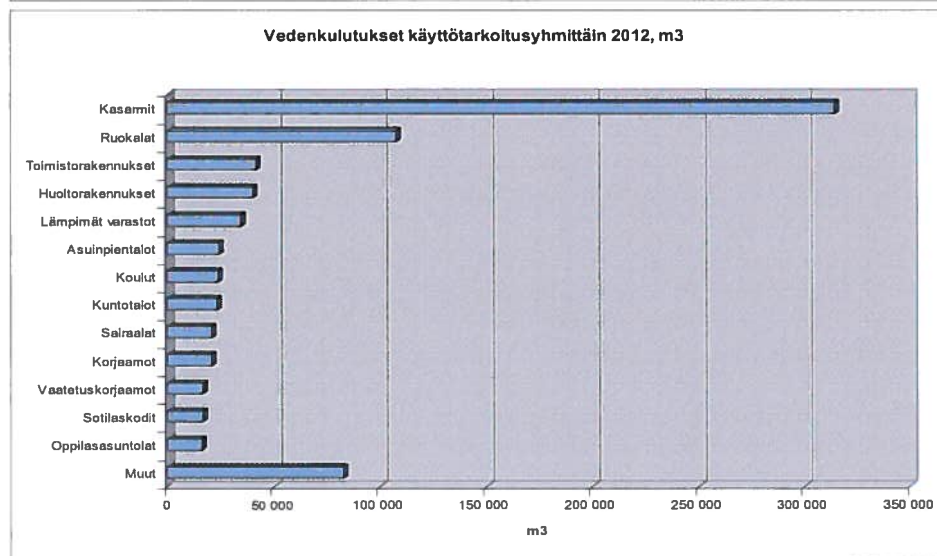
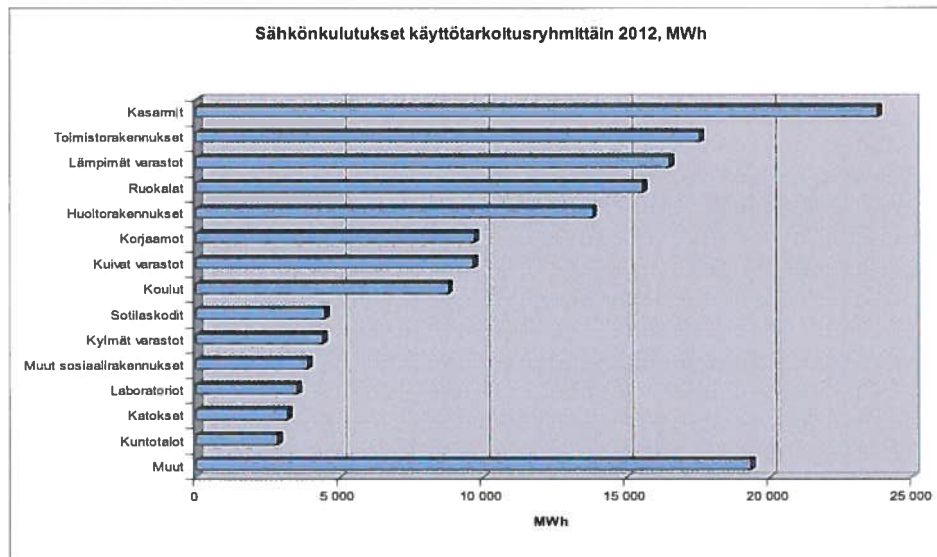
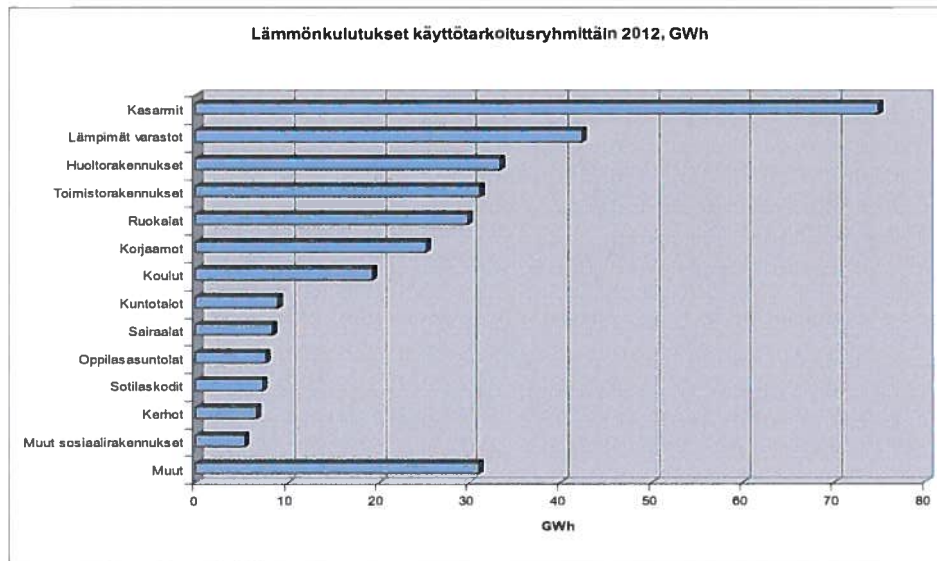
Energiatehokkuuden parantaminen tulisi nähdä osana laatu- ja johtamisjärjestelmää. Kun rakennuslaitos on siirtymässä energiatehokkuusjärjestelmässä kansainvälisen energiahallintajärjestelmästandardin SFS-EN ISO 50001 käyttöön vuoden 2015 alusta, tuo se systemaattisuutta energiatehokkuuden parantamiseen. Auditoinnit ja energiakatselmukset auttavat havainnoimaan toimintatapojen ongelmakohdat.

Lähteet

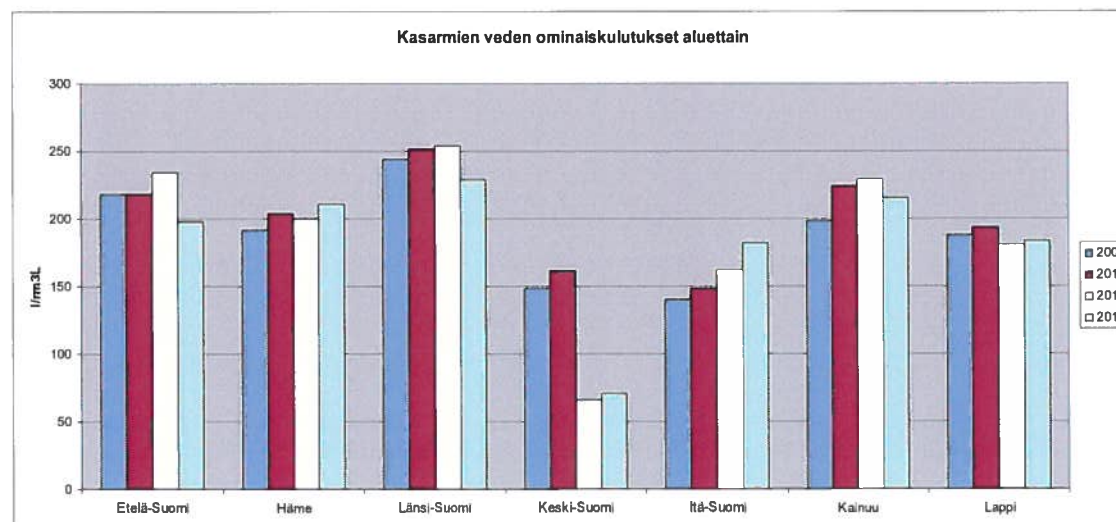
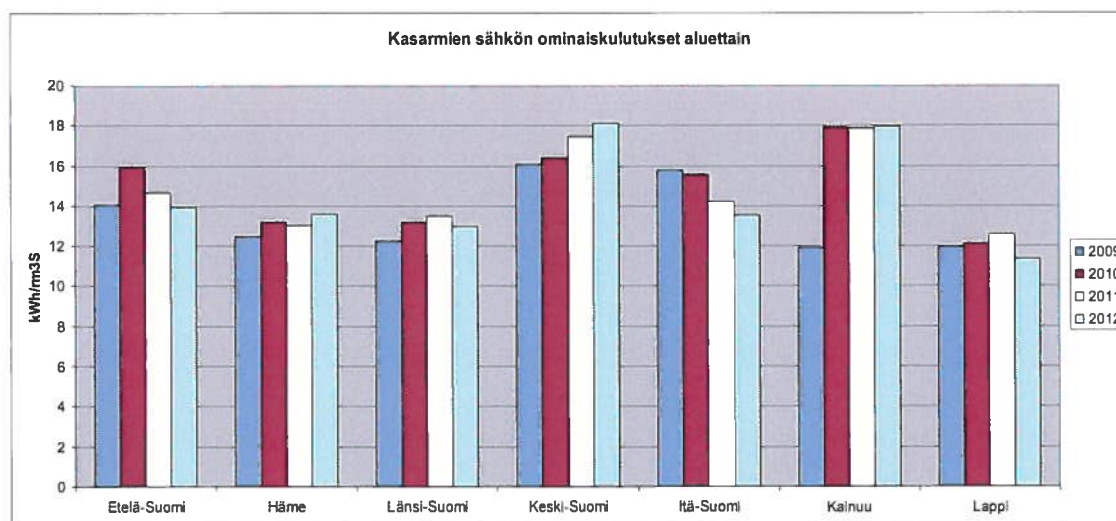
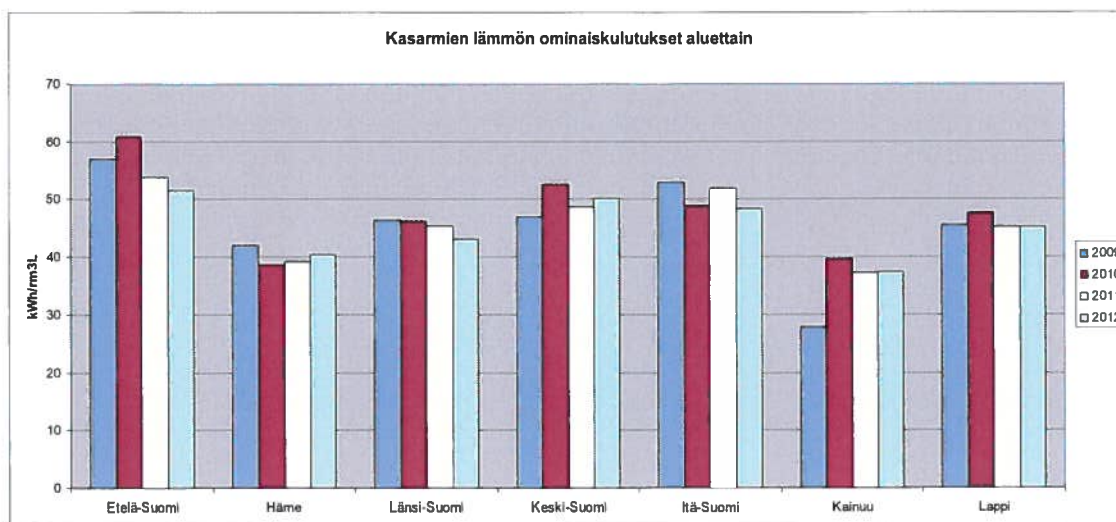
- 1 Rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus ja muutostöissä. 2012. Ympäristöministeriön asetus. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 2 Ehdotus energiansäästön ja energiatehokkuuden toimenpiteiksi. 2009. Energia-
tehokkuustoimikunnan mietintö. Helsinki: Työ- ja elinkeinoministeriö.
- 3 Puolustushallinto ja ilmastomuutos. 2008. Helsinki: Puolustusministeriö.
- 4 Markku Lappalainen. 2010. Energia- ja ekologiakäsikirja. Helsinki: Rakennustie-
to Oy
- 5 Rakennusten energiatehokkuus. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma,
osa D3. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 6 Rakennusten kaukolämmitys määräykset ja ohjeet. 2007. Energiateollisuus ry,
- 7 Virta, Jari ja Pyly, Petri. 2011. Taloyhtiön energiakirja. Helsinki: Kiinteistöalan
kustannus Oy.
- 8 Lämmitysverkoston perussäätö. 2009. Helsinki: Motiva Oy.
- 9 Rakenteiden energiatehokkuuden parantamisen vaikutuksista rakenteiden kos-
teustekniseen toimivuuteen. 2008. VTT.
- 10 Rinne-Kanto, Matti. 2010. Rakennusautomaatiolla energiasäästöihin kiinteis-
töissä. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu.
- 11 Valaistusta on uusittava. 2010 Helsinki: Motiva Oy.
- 12 EuP-direktiivin vaikutusten arviointi: tie- ja katuvalistus sekä toimistovalistus.
2010. Helsinki: Motiva
- 13 Piikkilä, Veijo ja Rasi, Janne ja Sahlstén, Toivo. 2012. Energiatehokkaan kiinteis-
tön ohjaus, valvonta ja raportointi. Avoin automaatio ry.
- 14 Piikkilä, Veijo. 2008. Kiinteistöjen valvomojärjestelmät. ST-käsikirja 22. Espoo:
Sähkötieto Oy.
- 15 Heljo, Juhani & Vihola, Jaakko. 2012. Energiansäästömahdollisuudet raken-
nuskannan korjaustoiminnassa. Laitosraportti. Tampereen teknillinen yliopisto.
- 16 Toimintakertomus ja tilinpäätöslaskelmat. 2012. Hamina: Puolustushallinnon
rakennuslaitos.
- 17 Holopainen, Riikka & Hekkanen, Martti & Hemmilä, Kari & Norvasuo, Markku.
2007. Suomalaisten rakennusten energiakorjausmenetelmät ja säästöpotentia-
alit. VTT Tiedotteita 2377. Espoo: VTT.

- 18 Jyrkkiö, Esa & Riistama, Veijo. 2008 Laskentatoimi päätöksenteon apuna. Porvoo: WSOY.
- 19 Energiansäästötoimenpiteiden kannattavuuslaskelma. 1985. LVI-kortti 02-10018. Helsinki: Rakennustieto.
- 20 Taajuusmuuntajakäytöt rakennusautomaatiossa. 2010. ST 715.10. Helsinki: Sähköinfo.
- 21 Pulakka, Sakari. 2011. Ekotehokkaan rakentamisen kehittäminen. VTT.
- 22 Energiatehokkuus rakentamisessa 2010. LVI 02-40078. Helsinki: Rakennustieto.
- 23 Nevonen, Petri. 2009. Kerrostalon julkisivukorjaus. Helsinki: Suomen Ympäristö.
- 24 Myyryläinen, Leevi. 2007. Kiinteistöjen energian käytön tehokkuusohje. HUS-kiinteistöt Oy.
- 25 Myyryläinen, Leevi. 1985. Puolustushallinnon energiasäästöohje. Puolustushallinnon rakennuslaitos.
- 26 Puolustushallinnon energiatehokkuusjärjestelmä. 2009. Puolustushallinnon rakennuslaitos.
- 27 Kurnitski, Jarek. 2012. Energiamääräykset 2012. Suomen Rakennusmedia Oy.
- 28 Matalaenergiarakentaminen toimitilat. 2012. RIL 259-2012. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien liitto.
- 29 Laki rakennusten energiatodistuksesta. 2013.

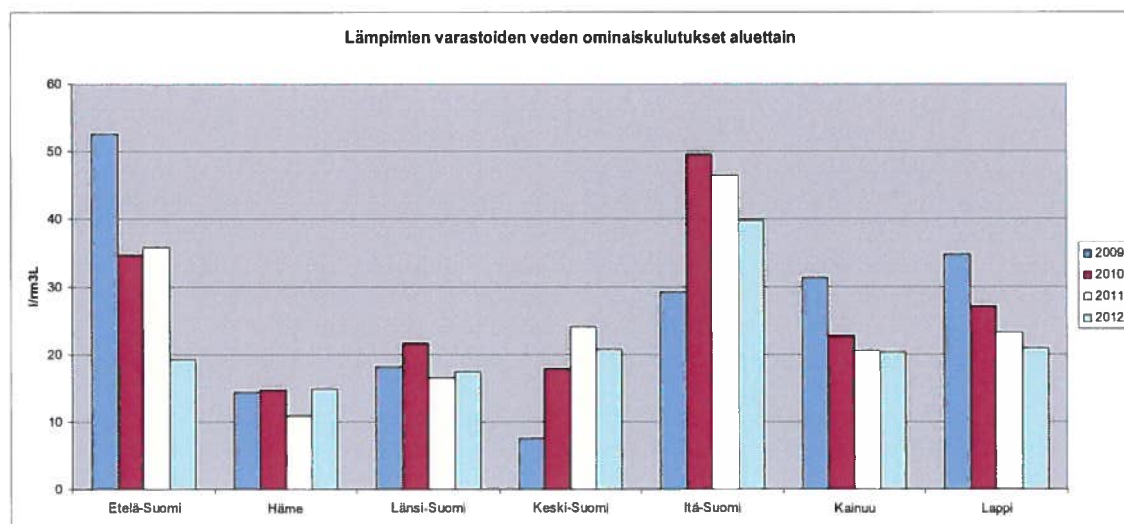
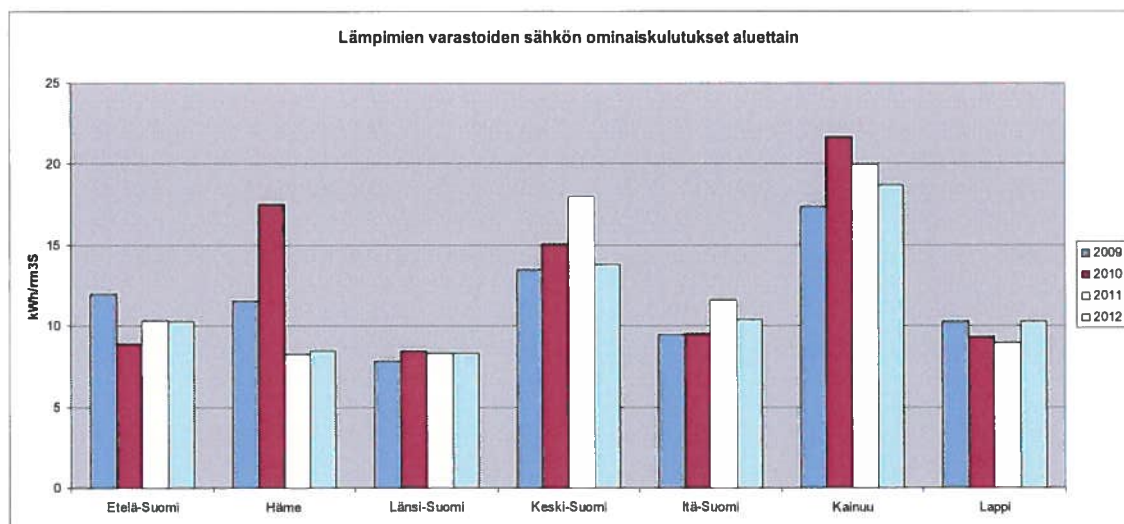
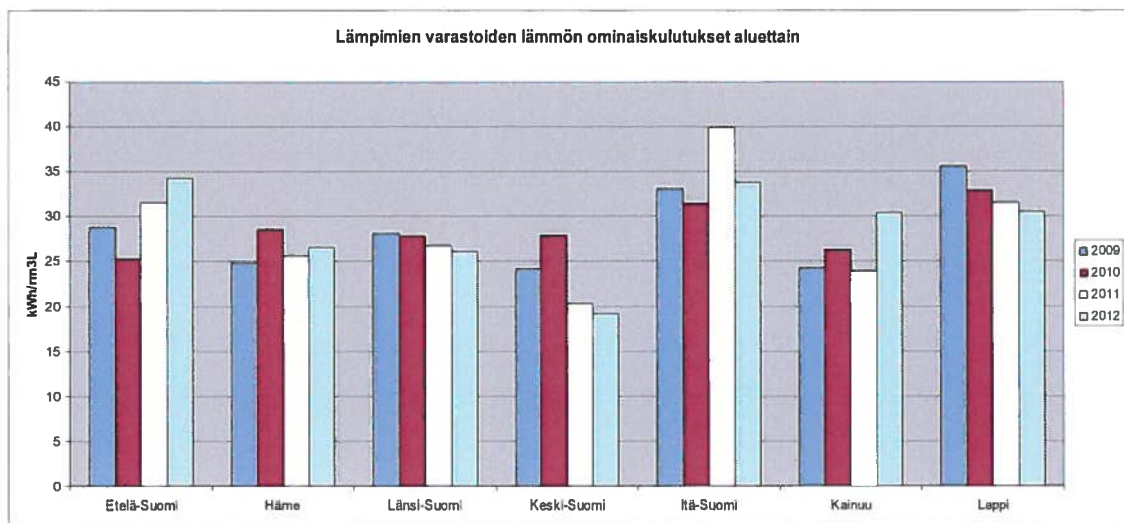
Lämmön-, sähkön- ja veden kulutukset käyttötarkoituksryhmittäin 2012



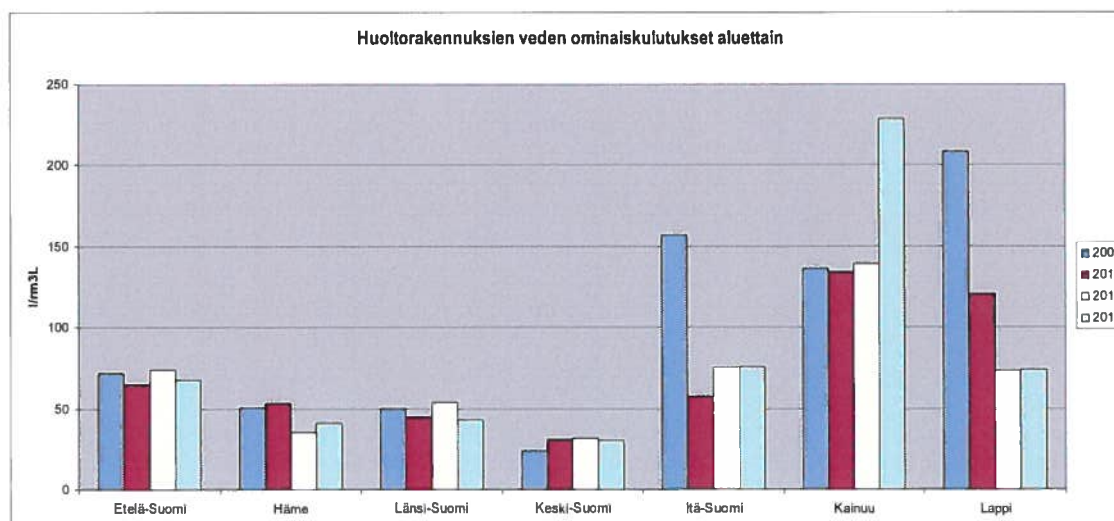
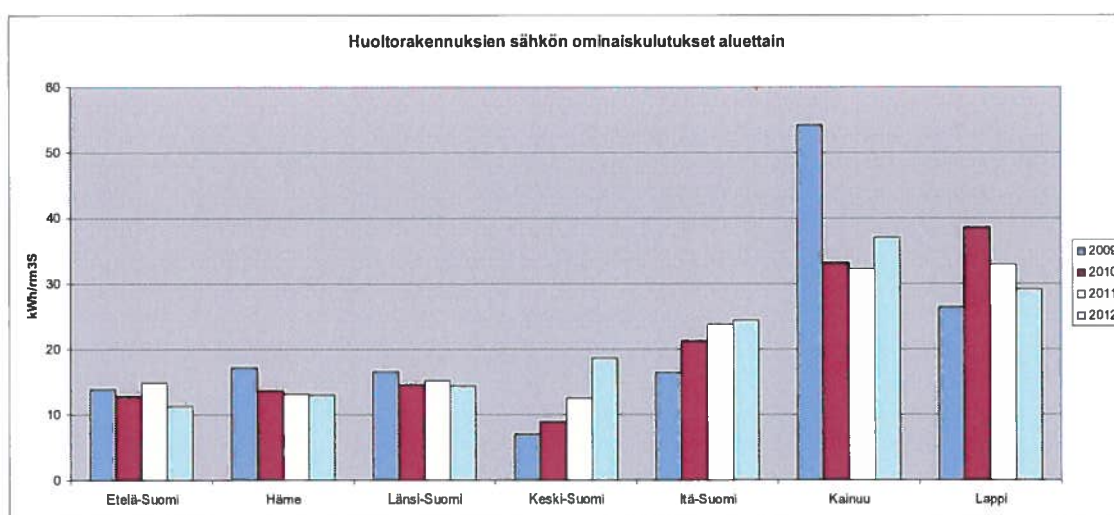
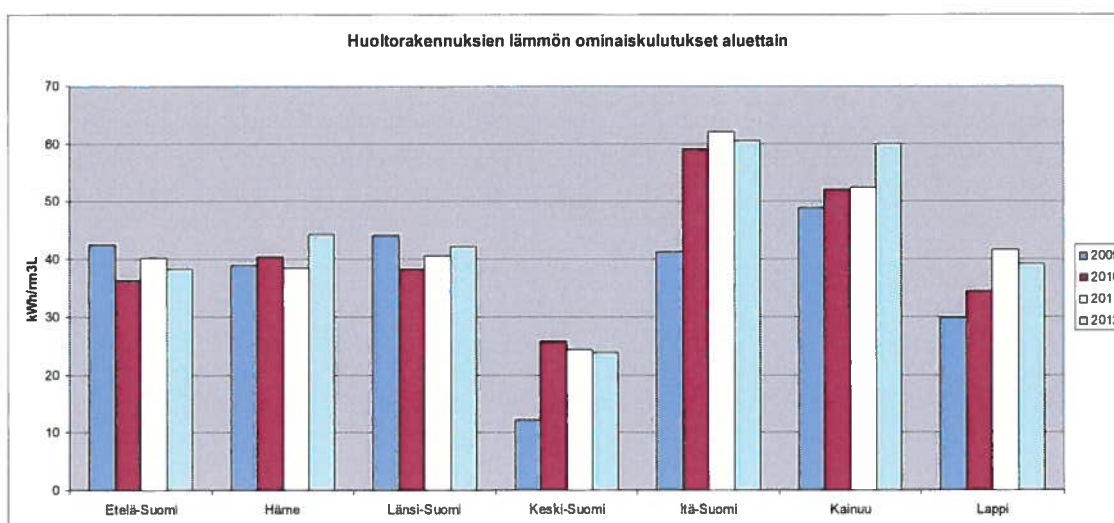
Kasarmien ominaiskulutuksien kehittyminen alueittain



Lämpimien varastojen ominaiskulutuksen kehittyminen alueittain



Huoltorakennusten ominaiskulutuksen kehittyminen alueittain





Pääesikunta
Logistiikkaosasto
HELSINKI

Käsky

Kes. 092317
1 (4)

3.2.2010

AG2496

PUOLUSTUSHALLINNON RAKENNUSLAITOS	
dnro	259 3200 2010
saapunut	5.2.2010

Viite: PESUUNNOS:n käsky AF26244/7.12.2009

KIINTEISTÖJEN ENERGIANSÄÄSTÖTAVOITTEIDEN TARKENTAMINEN

Viiteasiakirjassa on käsketty toteuttaa energiansäästöohjelma laske-malla lämmityskaudella keskilämpötilaa keskimäärin yhdellä asteella kaikissa puolustusvoimien tiloissa. Tällä käskyllä tarkennetaan ja yksilöidään suoritettavia säästötoimenpiteitä.

Puolustusvoimien kiinteistökustannuksissa lämpö- ja sähköenerglakus-tannukset muodostavat merkittävän kuluerän, joka on suuruusluokal-taan 43,0 M€, eli n. 20 % kaikista kiinteistömenoista. Toimitilojen lop-pukäyttäjän ja ylläpito-organisaation on mahdollista vaikuttaa merkittä-västi tämän kustannuserän suuruuteen.

Koska energiakustannuksissa on nähtävissä merkittävää säästöpoten-tiaalia, tulee kaikissa puolustusvoimien hallintoyksiköissä käynnistää välittömät toimenpiteet toimitilojen ja alueiden energiakustannusten alentamiseksi. Lämpö- ja sähköenergian säästötavoitteeksi puolus-tusvoimissa asetetaan 5 %, joka toteutuessaan merkitsee vuositasol-la n. 2,0 M€ säästöjä kiinteistökustannuksissa koko puolustusvoimissa. Alla olevassa toimenpideluettelossa on asetettu säästötavoitteita myös mulle energiamuodoille ja energiapalvelujen hankinnoille.

Energiansäästötoimenpiteiden suunnittelu ja toimeenpano tulee tehdä tiiviissä yhteistyössä Puolustushallinnon rakennuslaitoksen kanssa. Kiinteistöjen omistaja tulee pitää ajan tasalla energiansäästötoimenpi-teistä ja yhteistyössä varmistaa, ettei tiloille ja rakenteille aiheudu ra-kenteellisia vaurioita, eikä kosteus- tai sisätilaongelmia.

Energiansäästötoimenpiteiden suunnittelussa ja toimeenpanossa tulee erityinen huomio kiinnittää seuraaviin seikkoihin:

- toimisto-, koulutus- ja majoitustilojen lämpötilat lämmityskaudella tulee tarkistaa ja säätää vastaamaan kyseisiä tiloja koskevien rakennuksen sisäilmastoa ja ilmanvaihtoa koskevien määräysten (Suomen rakentamismääräyskokoelma D2) lämpöolojen tavoite-tenvoja vastaaviksi (pääsääntöisesti +21 °C).
- tyhjien ja vajaakäytöllä olevien tilojen lämpötilat tulee laskea pe-rus-/säilytyslämpötilaan. Lämpötila nostetaan tarvittavaan työ-

Pääesikunta
Logistiikkaosasto
PL 919
00131 HELSINKI

Puh. 0299 800
Faksi (09) 181 22760

Y-tunnus 0952029-9
www.mil.fi

Pääesikunta
Logistiikkaosasto
HELSINKI

Käsky

2 (4)

AG2496

- kentelylämpötilaan vain tarvittaessa. Näistä tiloista tulee laatia käyttösuunnitelma ja antaa tiedot PHRAKL:lle, joka laskee kyseisten tilojen lämpötilat perus-/säilytyslämpötilaan muina, kuin tilojen aktiivisina käyttöaikoina
- varastoissa ja tuotantotiloissa tulee lämpötila myös työskentelyolosuhteissa olla selvästi matalampi kuin toimistotiloissa tai majoitustiloissa (tuotantotiloissa pääsääntöisesti +17 °C). Pakkas-kaudella lämpimien hallien ja varastojen suurien ovien aukioloajat kalustojen/tavaran siirroissa tulee minimoida.
 - valaistus on kytkettävä pois päältä (manuaalisesti tai automaattikan avulla), silloin kun sitä ei välttämättä tarvita
 - alueen yleisvalaistusta tulee vähentää ja valaistuksen päälläoloajat minimoida, kuitenkin käyttö- ja vartiointiturvallisuutta vaarantamatta
 - työpisteiden lämpötilojen keskitetty madaltaminen ei saa johtaa siirrettävien lämmönlähteiden käyttöönottoon
 - niissä tiloissa, joissa on jäähdytysjärjestelmät, ei lämpötilaa saa pitää alempana kuin se on toiminnan kannalta välttämätöntä
 - jäähdytysjärjestelmällä ei saa kompensoida kiinteällä lämmitysjärjestelmällä tuotettua mahdollista yllämpöä
 - koneellisen ilmastoinnin käyttöajat tulee tarkistaa vastaamaan tilojen käyttöä ilmanvaihtomääräykset huomioon ottaen
 - lämpimän sekä kylmän käyttöveden käyttö tulee minimoida
 - verkostoveden käyttöä esim. ulkoalueiden kasteluun tulee minimoida
 - kompressorien käyttöajat tulee minimoida ja varmistaa verkostojen tiiveys
 - höyrynkäytön pitää olla suunnitelmallista ja turhaa höyryn tuottoa tulee välttää
 - mahdollisuuksien mukaan tulee automaattisia säätöjärjestelmiä kehittää kiinteistöjen kunnossapitorahoituksella
 - autolämmityspistorasiat tulee varustaa ajastimella ja sisätilalämmittimien käyttö kielletään. Tarvittaessa sulakkeiden kokoa pienennetään, jollei sisätilalämmittimien käyttöä muuten saada estettyä. Autolämmityspaikkojen käytöstä peritään käypä vuokra.
 - taloteknisten automaattisten säätöjärjestelmien toimivuus tulee varmistaa PHRAKL:n toimenpitein
 - verkostojen vuotavat putkilinjat, hanat ja venttiilit on välittömästi korjattava PHRAKL:n toimenpitein. Ns. piilovuodot on saatava poistettua.
 - taloautomaattikan investointeja voidaan toteuttaa ainoastaan Senaatti-kiinteistöjen pieninvestointivaroin tai isojen hankkeita koskevien peruskorjausten /-parannusten yhteydessä.
 - yksityisautojen pesu pv:n autonpesupaikoissa tulee kieltää