

20.3. Rakennusautomaatio

Talotekniikan liittäminen rakennusautomaatiojärjestelmään mahdollistaa rakennuskannan järkevän ylläpidon ja helpon seurannan käyttöhenkilökunnalle. Liitettävät järjestelmät ovat tyypillisesti ilmastointikoneiden automatiikka, jäähdytyslaitteet, lämmönjakokeskus, sähkönjakelu ja energiamittaukset, valaistuksen ohjaukset sekä erilaiset ohjaukset, mittaukset ja hälytykset kiinteistön eri osista. Järjestelmään liitetyn valvomon avulla käyttäjä saa kiinteistön tiedot visuaalisesti selkeiden graafisten järjestelmäkaavioiden ja pohjapiirrosten avulla.

Valvomolaitteisto on helppokäyttöinen PC varustettuna Windows tai OS/2 käyttöjärjestelmällä sekä raportointia varten toimitetaan yleensä Excel-pohjaiset raporttimallit, joita myös käyttäjä pystyy helposti muokkaamaan omiin tarpeisiinsa. Tärkeimpiä työkaluja ovat erilaiset energianseurantareportit, joiden avulla kiinteistön energiankulutusta ja siinä tapahtuvia mahdollisia muutoksia voidaan seurata sekä erilaiset hälytystoiminnot ja käyttötuntien mukaiset ennakkotiedot tulevista laitteiden määräaikaishuolloista. Hälytykset voidaan siirtää käyttöhenkilöiden hakulaitteisiin tai GSM puhelimiin. Haluttaessa voidaan käyttö- ja huoltopalvelut ostaa huoltoyhtiöiltä, jolloin hälytys- ym. tiedot siirretään palveluja tarjoavan yrityksen järjestelmiin.

Käyttäjä pystyy lisäksi helposti määrittelemään ilmastointikoneille ja valaistuksille päivittäiset aikaohjelmat, joiden avulla määritellään optimaaliset käyttöajat ja sisäilmaston asetusarvot sekä vaikutetaan energiankulutukseen.

Valvomon lisäksi rakennusautomaatiojärjestelmä sisältää kenttälaitteet ja alakeskukset, joihin kenttälaitteet liitetään. Kenttälaitteita (=prosessilaitteet) ovat erilaiset mittausanturit esim. lämpötila-, kosteus-, ja paineanturit sekä prosesseja säätävät venttiilimoottorit ja ilmastointikoneiden pellinsäätömoottorit sekä taajuusmuuttajat kierrosnopeuden säätöihin.

Haluttaessa huone- tai tilakohtaista ilmamäärän- ja lämpötilojen säätöä, varustetaan järjestelmät jälkisäätölaitteilla, jotka voidaan kenttäväylän avulla liittää valvomoon ja asettaa huonekohtaiset olosuhteet halutuiksi. Tilat voidaan lisäksi varustaa läsnäoloantureilla, jolloin voidaan energiataloudellisesti ohjata vain ne tilat joissa oleskellaan niin kutsuttuun mukavuustilaan ja tyhjätilat jätetään minimi ilmastoinnin varaan. Läsnäoloantureilla voidaan myös ohjata tilojen valaistusta.

Järjestelmään liitetyt alakeskukset sijoitetaan tyypillisesti ilmastointikonehuoneisiin ja lämmönjakohuoneeseen joissa pääosa liitettävistä laitteista sijaitsee. Alakeskukset varustetaan usein paikalliskäyttölaitteilla, jolloin prosessiin voidaan vaikuttaa laitetiloista käsin. Toiminto on tärkeä testaus- ja huoltotilanteissa. Järjestelmien testauksiin ja toimintakokeisiin tulee kiinnittää erityistä huomiota, koska näillä toiminnoilla on oleellinen merkitys koko laitteiston elinkaaren aikana. Vain oikealla testauksella ja valvonnalla voidaan saavuttaa ominaisuudet, jotka on järjestelmää varten määritelty.

Alakeskukset, jälkisäätimet ja PC liitetään tiedonsiirtoväylään, jonka avulla laitteet kommunikoivat keskenään. Tiedonsiirtoväylän pituus tyypillisesti ilman väylävahvistimia on 500 metriä, jolla pystytään kattamaan isonkin kiinteistön tarpeet. Lisäksi alakeskukset voidaan liittää valvomoon valintamodeemin, tai radiomodeemin avulla, joilla voidaan hoitaa aluevalvontajärjestelmän tarpeet vaikka koko maata kattavana järjestelmänä.

Rakennusautomaatiojärjestelmien väyläratkaisut käyttävät edelleen pääosin laitevalmistajakohtaista tiedonsiirtoprotokollaa, jolloin eri valmistajien laitteiden yhteenliittäminen on vaikeaa. Vuosien varrella on esitetty erilaisia ehdotuksia nk. avoimeksi protokollaksi, jota kaikkien valmistajien tulisi käyttää. Toistaiseksi tällaista kaikkien hyväksymää avointa tiedonsiirtoratkaisua ei ole löytynyt. Eräänä hyvänä ratkaisuna standardimalliksi on tullut amerikkalaisen Echelon' in Lon Works tiedonsiirtoverkko, johon perustuvia ratkaisuja markkinoille on jo tullut.

Optimiratkaisuna olisi yksi yhteinen tiedonsiirtomalli, jota eri alueiden laitevalmistajat yhteisesti käyttäisivät. Tällöin olisi mahdollista liittää samaan väylään eri rakennusautomaatiojärjestelmät.

tiovalmistajien laitteita sekä liittää näin syntyvään rakennusten hallintajärjestelmään mm. paloilmoitusjärjestelmä ilmaisinkohtaisine tietoineen, kulunvalvontajärjestelmä henkilökohtaisine tietoineen, jolloin henkilökortin leimauksen perusteella voidaan palkanmaksun lisäksi hoitaa henkilön huoneen valaistuksen ja ilmastoinnin ohjaus tai vaikkapa rikosilmoitusjärjestelmän ohjaus.

20.4. Sähkötilailmastointi

Lähdeaineistona käytetty INVENT-tekniologiaohjelmaa / raportti 37 ; 38 ; 39.

Sähkötiloissa käytettyjä ilmastointijärjestelmiä.

Kohdassa käsitellään muuntaja- , kaapeli- , sähkölaite- , automaatio- , ristikytkentä- ja valvomotiloja palvelevia ilmastointijärjestelmiä. Esiteltävät ilmastointiratkaisut kattavat kaikki sähkötilat, mutta niitä on käsitelty teollisuuden näkökulmasta. Erilaisia ilmastoinnin periaate- ratkaisuja on viisi:

- painovoimainen ilmanvaihto,
- koneellinen tuuletus,
- ylipainejärjestelmä,
- kierrätysilmajäähdytys ja
- tilaan sijoitettu erillinen jäähdytys.

Järjestelmät ja niiden tärkeimmät ominaisuudet on selostettu taulukossa 20.4a. Järjestelmät on esitetty kuvassa 20.4a.

Taulukko 20.4a. Sähkötaloissa käytettyjä ilmastointijärjestelmiä.

JÄRJESTELMÄ	1. KONEELLINEN TUULETUS	2. YLIPAINELAJÄRJESTELMÄ	3. KIERRÄTYSILMAJÄÄHDYTYKSEN	4. ERILLINEN JÄÄHDYTYKSEN TILASSA
KUVANUMERO	20.4a.1	20.4a.2	20.4a.3	20.4a.4
TOIMINTAPERIAATE	Tilan lämpötila pidetään asetusarvoon käynnistämällä poistoilmapuhallinta tarvittaessa.	Huoneilman lämpötilaa pidetään asetusarvoon ohjaamalla tuloilman lämpötilaa. Tila on ympäristöönsä nähden ylipaineinen ja lämmennyt ilma poistuu rakenteiden läpi.	Huoneilman lämpötilaa säädetään jatkuvasti jäähdytyksen avulla. Tuloilmakoneen avulla tila pidetään ylipaineisena ympäristöönsä nähden.	Huoneilman lämpötilaa säädetään jäähdytyksen avulla, säädön tarkkuus riippuu jäähdytysratkaisusta. Tuloilmakoneen avulla tila pidetään ylipaineisena ympäristöönsä nähden.
LAITTEISTON OSAT	Tulo- ja poistoilmasäleikkö ja poistoilmapuhallin.	Tuloilmakone ja mikäli käytettävä ilmavirta on suuri, tarvittaessa ylipainepelti, ettei ylipaine tilassa nouse tarpeettoman suureksi.	Tuloilma- ja kierrätysilmakone.	Tuloilmakone ja erillinen jäähdytyslaitteisto.
SOVELTUVUUS	Järjestelmää voidaan käyttää tiloissa, joiden laitteet kestävät ympäröiviä olosuhteita ja korkeita ja matalia lämpötiloja. Voidaan käyttää tiloissa, joissa painovoimainen ilmanvaihto ei riitä. Käytetty mm. kaapelitiloissa. Jos kaapelitila on sähkötilan ylä / alapuolella, se tulee varustaa myös tuloilmakoneella.	Järjestelmä soveltuu laitetiloihin, joiden lämpötilaa ja puhtautta on kontrolloitava, mutta joissa lämpötilan kohoaminen sallitaan keuhkoilla.	Ensisijainen vaihtoehto olosuhteiden 3K1 ja 3K2 mukaisia sähkölaitteita sisällyttäviin tiloihin.	Jäähdytysratkaisusta riippuen saavutetaan hyvin eritasoiset olosuhteet. Valintaa tehtäessä varmistettava, että valitulla järjestelmällä saavutetaan tilassa vaadittavat olosuhteet.
RAJOITUKSET	Ei sovellu tiloihin, joissa vaaditaan erityistä ilmanpuhtautta. Suojaamattomia sähkö- ja elektroniikkakomponentteja sisältävien laitteiden ilmastointi on toteutettava ylipaineisena.	Tulo- ja huoneilman pienestä lämpötilaerosta johtuen jäähdytykseen tarvittava ilmavirta kasvaa suurilla lämpökuormilla erittäin suureksi. Varsinkin alueilla, joissa tuloilma on suodatettava kemiallisesti, ei tuloilmavirtaa tulisi nostaa suuremmaksi kuin 2,5 l/h suodatuksen kalleuden vuoksi, vaan lisjäähdytys on tällöin toteutettava muilla keinoilla.		
MITOITUS	Tulo- ja poistoilman lämpötilaero sähkölaitteistosta riippuen yleensä 10-15°C mitoitustilanteessa.	Tulo- ja huoneilman lämpötilaero lämpökuormista ja laitteista riippuen 5-10°C mitoitustilanteessa. Ulkoilmavirta mitoitetaan siten, että tilan ilmanvaihtuvuus on ainakin 2,5 l/h. Ylipainepelti mitoitetaan aukeamaan vasta, kun tilan ylipaine kohoaa yli 20 Pascalin.	Tulo- ja huoneilman lämpötilaero. Ulkoilmavirta mitoitetaan siten, että tilan ilmanvaihtuvuus on 2,5 l/h, jolla aikaansaadaan tilaan vähintään 20 Pa:n ylipaine.	Tulo- ja huoneilman lämpötilaero. Ulkoilmavirta mitoitetaan siten, että tilan ilmanvaihtuvuus on 2,5 l/h, jolla aikaansaadaan tilaan vähintään 20 Pa:n ylipaine.
EDUT	Yksinkertainen toiminta.	Tuloilma on puhdasta ja epäpuhtauksien kulkeutuminen ympäristöstä on estetty.	Sähkötilan ilmasto on kontrolloitu.	Sähkötilan ilmasto on kontrolloitu, tosin karkea lämpötilan säätö saattaa aiheuttaa tilassa lämpötilan heilahtelua, joka ylittää sallitun muutosnopeuden.
HAITAT	Tilaan kerääntyy ajan myötä pölyä, joka saattaa vaikeuttaa laitteiden jäähdytystä.	Koska tilan lämpötila on jo normaalitilanteessa kohonnut, saattaa tilan lämpötila ilmastoinnin häiriötilanteessa nousta nopeasti liian korkeaksi, mikäli tilan lämpökuorma on suuri. Tiloissa, joiden laitteistoa ei voida prosessin takia pysäyttää, suositellaan tämän vuoksi käytettäväksi erillistä jäähdytystä.	Kierrätysilmakanavat kasvavat suuriksi tiloissa, joissa on suuret lämpökuormat, mikä saattaa aiheuttaa tilaongelmia. Ilmastointikonehuoneen paikka ja sen ja kanavien tilantarve tulisi huomioida jo projektin alkuvaiheessa.	Sähkötilaan sijoitettujen laitteiden huoltaminen on hankalampaa kuin erillisessä tilassa ja se aiheuttaa ylimääräistä liikkumista sähkötilassa.

Järjestelmävalinta

Järjestelmävalintaan vaikuttavat tekijät ovat tilan olosuhdevaatimukset, ympäristöolosuhteet, tilan lämpökuorma ja laitteiston käyttövarmuus, tilantarve, paloalueet ja kustannukset. Tarvittaessa on huomioitava myös laajennusvara.

Yhteenveto eri järjestelmillä saavutettavista olosuhdeluokista on koottu oheiseen taulukoon.

Taulukko 20.4b. Eri järjestelmillä saavutettavat olosuhdeluokat.

YMP. LUOKKA	ILMASTOINTIJÄRJESTELMÄ			
	20.4a.1	20.4a.2	20.4a.3	20.4a.4
3K1	-	-	+	+*
3K2	-	-	+	+
3K3	+	+**	+	+
3K4	+	+**	+	+
3K5	+	+	+	+
3S1	-	+	+	+
3S2-4	+***	+	+	+
3C1****	-	+	+	+
3C2*****	+	+	+	+

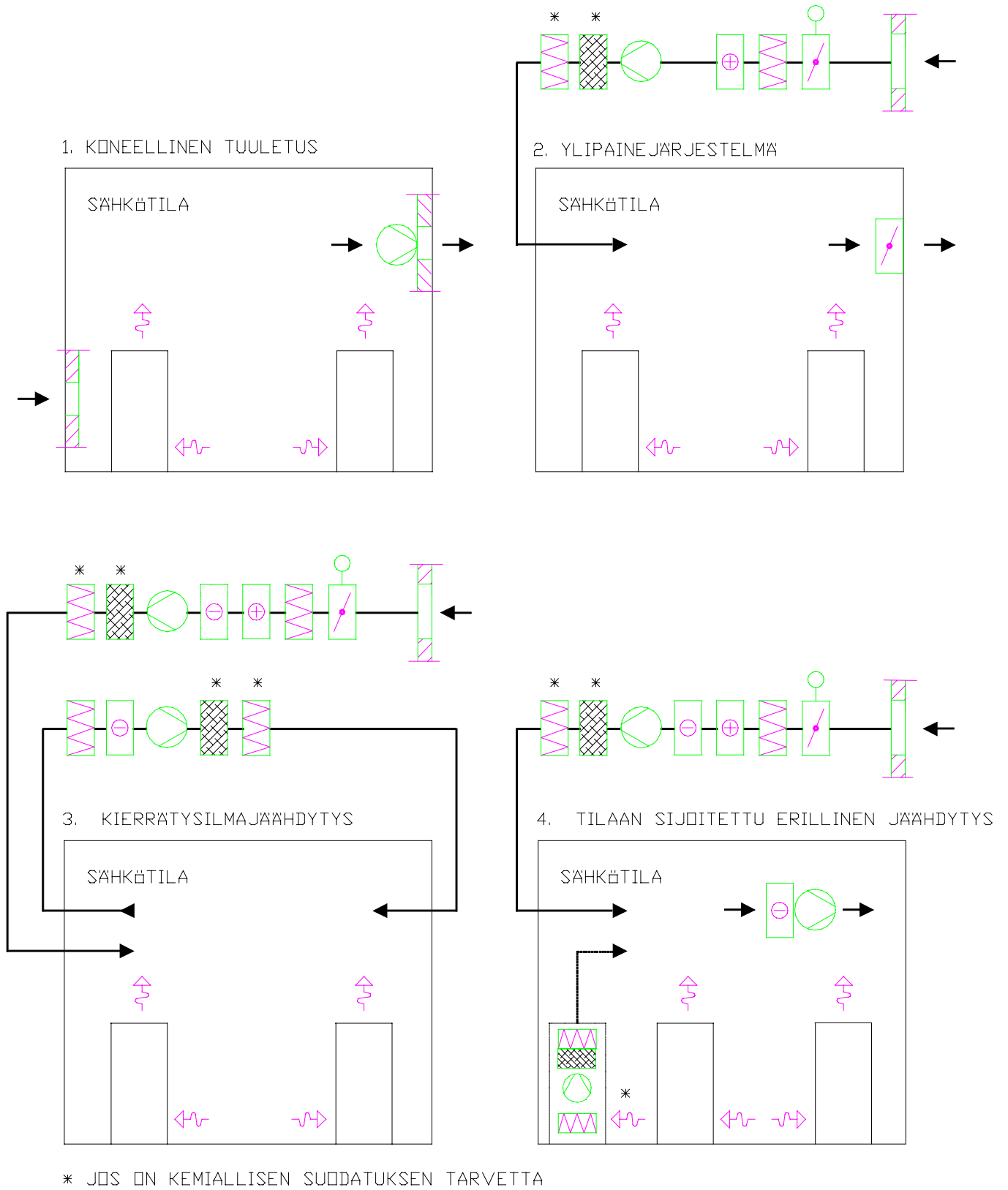
* Jäähdytyksen säätöön kiinnitettävä huomiota.

** Kesällä mitoitustilanteessa $\Delta T = 5 \text{ }^\circ\text{C}$ (max).

*** Sijaintipaikasta riippuen.

**** Vaatii kemiallisen suodatuksen likaisilla alueilla.

***** Ei prosessipäästöjen läheisyydessä ilman kemiallista suodatusta.



KUVA 20.4a. Sähkötilojen ilmastointijärjestelmä.

Taulukko 20.4c. Sähkö- ja elektroniikkalaitteiden käyttöympäristöt -ilmastoitavat sisätilat.

TYYPPIYMPÄRISTÖT	TILAAN SIJOITETTAVAN LAITTEEN YMPÄRISTÖLUOKKA standardin SFS 5318 (IEC 60721 -3 -3) mukaan
A Valvomot ja automaatiotilat a1) prosessista eristetyt henkilötyötilat: a2) automaatiotilat: a3) teollisuuden ristikytkenätilat: (mittauslaitteet, monitorit ja kytkennät) ATK-laitteet:	3K2 / 3Z2 / 3Z4 / 3B1 / 3C1 / 3S1 (Kuten yllä , paitsi 3K1)
B Sähkölaitetilat -ulkotiloista ja prosessista eristetyt tilat b1) teleristikytkenä- ja laitetilat: b2) tuotannon sähkölaitetilat: (moottorikäytöt, MCC) b3) sähkökeskushuoneet: (pääkeskukset, jakokeskukset) b4) muuntajatilat (sisätiloissa)	3K3 / 3Z2 / 3Z4 / 3B1 / 3C1 / 3S1
C Elektroniikkateollisuuden kokoonpanohallit -piirilevytuotanto, mikroelektroniikan komponenttien ladonta , testaukset ja säädöt -hienomekaniikan ja optiikan kokoonpano	3K2 / 3B1 / 3C1 / 3S1 / 3M1
D Metalliteollisuuden tuotantotilat -konepajat, kevyt metalliteollisuus ja kappaletavarakokoonpano: (moottorit, robotit, ohjauslaitteet) -kaapelitilat	3K4 / 3Z2 / 3Z4 / 3Z7 / 3B2 / 3C2 / 3S2
E Prosessiteollisuuden tuotantotilat -tilat, joissa epäpuhtaudet tai syövyttävät kaasut ovat tyypillisiä : (suojakoteloidut kojeistot, moottorit, ohjauslaitteet)	3K5 / 3Z2 / 3Z4 / 3Z7 / 3B2 / 3C2 + C3 tarvittaessa / 3S2

- K = Ilmastolliset olosuhteet.
 Z = Ilmastolliset erityisolosuhteet.
 B = Biologiset olosuhteet.
 C = Kemiallisesti aktiiviset aineet.
 S = Mekaanisesti aktiiviset aineet.
 M = Mekaaniset olosuhteet.

20.5. Sähkölämmitys

20.5.1. Yleistä sähkölämmityksestä ja sähkölämmityksen teho

Täyssähköistetyn asunnon liitântäteho on suhteellisen suuri. Tämän vuoksi on tarkoituksenmukaista rajoittaa asunnon huipputehoa. Rajoitus tapahtuu kytkemällä suuritehoisimmat sähkönkuluttajat (sähkölämmitys, kiuas ja lämminvesivaraaja) vuorotteluun. Näin pienennetään huipputehon lisäksi myös pääsulakekokoa.

Toteutus tapahtuu kytkemällä kiuas aina vuorotteluun lämmityksen kanssa, jolloin kiukaan lämmitysajaksi huonetilojen lämmitys katkeaa. Yksiaikatariffissa voidaan valita suuritehoinen (6 kW) tilavuudeltaan suhteellisen pieni vedenlämmitin ja tämä kytketään vuorotteluun huonetilojen lämmityksen kanssa. Tällöin tarvittava vesimäärä lämpiää nopeasti eikä pieni huonelämpötilan lasku vaikuta asumismukavuuteen.

Toisena vaihtoehtona yksiaikatariffissa voidaan valita pienitehoinen (3 / 1,5 kW) tilavuudeltaan suurempi vedenlämmitin ja jättää sen teho vuorottelun ulkopuolelle.

Näin menetellään yleensä myös kaksiaikatariffissa, jolloin kellolaite kytkee vedenlämmittimen toimimaan yötariffiaikana. Näissä tapauksissa vuorotteluun lämmityksen kanssa kytketään ainoastaan kiuas.

Monet sähkölaitokset haluavat mahdollisuuden itse rajoittaa huipputehoa. Tämä voidaan toteuttaa verkkokäskylaitteella tai kello-ohjauksella. Tällaisen sulkuaikaohjauksen toteuttamisesta on yleissuositus, mutta käytössä on myös alueellisia omia erikoisohjeita.

Energia

Suoralla sähkölämmityksellä lämmitetyn keskivertoasunnon sähkönkulutus (120 m², 300 m², hyvät lämpöeristykset, sijainti Helsinki, hlö määrä 4):

- Talous	4500 kWh/a
- Lämminvesi	4000 kWh/a
- Kiuas	1000 kWh/a
- Lämmitys	8000 kWh/a
Yhteensä	17500 kWh/a

Keskivertoasunnon lämmitysenergiantarve on 18000 kWh/a. Suora sähkölämmitys ottaa huomioon asunnossa aina esiintyvän ns. hukkalämmön, joten lämmityksen osuus on vain 8000 kWh/a eli 45 % lämmitysenergian tarpeesta:

Suoran sähkölämmityksen hyödyksi käyttämä vapaa lämpö keskivertoasunnossa:

- Auringosta	4500 kWh/a
- Taloussähköstä	2500 kWh/a
- Vedenlämmityksestä	1500 kWh/a
- Asukkaista	1500 kWh/a
Yhteensä	10000 kWh/a

Suoran sähkölämmityksen etuna on mahdollisuus säätää huonelämpötilaa tarkasti, vaivattomasti ja erikseen jokaisessa tilassa. Laskemalla sisälämpötilaa esim. yö- tai poissaoloajaksi säästetään energiaa. Yhden asteen (1 °C) lämpötilan lasku säästää energiaa 5 % lämmityskauden aikana.

20.5.2. Lämmönsäätötavat

Suoran sähkölämmityksen säätö voidaan toteuttaa lähinnä kahdella tavalla, huonekohtaisesti tai keskitetysti.

Huonekohtainen säätötapa on perinteinen ja toteutetaan lämmitinkohtaisilla termostaateilla mahdollisin rinnakkaislämmittimin. Järjestelmään voidaan liittää myös katto- ja lattialämmitys. Lämpötilan pudotusmahdollisuuksia on lämmitinkohtainen ja keskitetty, asuinkäytössä riittää normaalisti $4\text{ }^{\circ}\text{C}$:een keskitetty pudotus.

Keskitetyssä säätötavassa ohjattava alue voi olla huone tai huoneistokokonaisuus. Oleellista on että lämmittimien omat termostaatit on ohitettu eivätkä ole käytössä tai käytetään ns. orjalämmittimiä, joissa ei ole termostaattia. Huoneissa olevat anturit ohjaavat sähkökeskuksesta olevaa ohjausyksikköä jonka kautta sähkö syötetään lämmittimille. Lämpötilan asetelu tehdään keskitetysti yhdestä paikasta ryhmä- tai mittauskeskuksesta. Keskitetty säätöjärjestelmä soveltuu käytettäväksi lämmitin-, katto- ja lattialämmitystavoilla.

Nykyaikainen lämmitintermostaatti on elektroninen, lyhytjaksoinen ja tarkkatoiminen (säätöarvonsiirtymä alle $1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$) Asettelu on led-merkkivalon avulla tarkkaa ja kalibrointi mahdollisuus on taloudellisen lämmittämisen edellytys. Vapaa-ajan asuntojen lisääntymisen ja käytön myötä on vaatimukset monipuolisempaan mökkilämmityksen ohjaukseen kasvaneet. Edistyksellisimmät termostaatit pitävät sisällään kellotoiminnan ja lämmönpudotuksen peruslämpö tasoon, esim. Thermosoft MET-lämmitinsarja.

Käyttöturvallisuutta parantaa manuaalisesti palautettava ylikuumenemissuoja ja ukkosta vastaan riittävä ylijännitesuojaus on välttämätön.