

Ville Kilpeläinen

SÄÄENNUSTEPALVELUN KÄYTTÖ LÄMMÖNSÄÄDÖSSÄ

SÄÄENNUSTEPALVELUN KÄYTTÖ LÄMMÖNSÄÄDÖSSÄ

Ville Kilpeläinen
Opinnäytetyö
Kevät 2014
Talotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma

Tekijä: Ville Kilpeläinen
Opinnäytetyön nimi: Sääennustepalvelun käyttö lämmönsäädössä
Työn ohjaaja: Martti Rautiainen
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2014 Sivumäärä: 26 + 2 liitettä

Työn tilaaja on Ekonor Oy. Tilaajan tavoitteenaan on kehittää järjestelmä jolla voidaan ohjata lattialämmityksen säätöä sääennusteen avulla.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli pohjustaa tulevia kenttätestauksia joilla selvitetään sääennustepalvelun vaikutusta lämmönsäästöön.

Tutkimuksella kerättiin keväällä 2012 alustavia mittaustuloksia tulevasta kohteesta. Tutkimuksessa kerättiin mittaustuloksia tilanteessa, jossa vuorokautinen lämpötilanvaihtelu oli merkittävää.

Mittaustulosten avulla voidaan kenttätesteihin valita olennaisimmat mitattavat pisteet, joilla säätö saadaan toimimaan niin kuin työn tilaaja on halunnut. Mittaus osoitti myös ongelmakohtia jotka pitää tulevissa testeissä korjata.

Työssä saatiin aikaan ehdotelma jonka perusteella tilaaja voi siirtyä suorittamaan varsinaisen testauksen heti tulevan lämmityskauden alkaessa.

Asiasanat: lämmönsäätö, energiansäästö, energiankulutus

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	6
2 KIINTEISTÖN PERUSTIEDOT	7
2.1 Lämmönjakojärjestelmä	8
2.1.1 Kanaaliputken lämpöhäviön määrittäminen	8
2.2 Lämmitysjärjestelmä	10
2.3 Ilmanvaihtojärjestelmä	10
3 KIINTEISTÖN ENERGIANKULUTUSHISTORIA	11
3.1 Vuosikulutukset	11
3.2 Kuukausikulutus vuonna 2011	11
3.3 Normeerattu vuosikulutus	12
4 MITTAUS- JA SÄÄTÖLAITTEISTO	14
4.1 Lämmönsäätöjärjestelmä	14
4.1.1 Lämpötilakäyrä	15
4.2 Tietojen keruu ja siirtäminen	15
4.3 Säätiöt	16
4.4 Säättäminen säätietojen perusteella	16
5 ESIMERKKEJÄ MITTAUSTULOKSISTA	18
5.1 Lämpimän käyttöveden käyttö	18
5.2 Yhdistettyjä tuloksia	19
6 EHDOTUKSIA JÄRJESTELMÄN KENTTÄTESTEIHIN	21
6.1 Alkuvalmistelut	21
6.2 Testauksen aikana	23
6.3 Testauksen jälkeen	24
7 POHDINTA	25
LÄHTEET	26

LIITTEET

Liite 1 Asemapiirros

Liite 2 Mittaustuloksia

1 JOHDANTO

Energiansäästö on nousevien energiakustannusten sekä ympäristönsuojelun kannalta aina vain järkevämpää. Tiukentuvilla rakentamismääräyksillä voidaan vaikuttaa uusien rakennusten energiankulutukseen vaatimalla tehokkaampia eristyksiä ja primäärienergianlähteiden kertoimilla voidaan vaikuttaa ympäristön kannalta järkevämpiin valintoihin suosimalla uusiutuvia energianlähteitä ja vähemmän kuluttavaa kaukolämpöä.

Määräysten ulkopuolelle jäävät ne jo olemassa olevat rakennukset, jotka voidaan esimerkiksi verotuksen avulla ohjata säästötoimenpiteisiin. Kiinteistönomistajien rahansäästö motivoikin monia remontoimaan rakennuksiaan vähemmän energiaa kuluttaviksi. Helppo ja asumisviihtyvyyttä lisäävä mahdollisuus on parantaa talon lämmönsäätöjärjestelmää niin, ettei lämpöä käytetä turhaan. Nykyisin on yleisesti käytössä säätöjärjestelmä, joka säätelee lämmitysverkostoon menevän veden lämpötilaa ulkoilman lämpötilan ohjaamana siten, että verkostoon syötetään lämpimämpää vettä, kun ulkoilman lämpötila laskee.

Työn kohteena oli Oulun Metsokankaalla sijaitseva kaukolämpöä käyttävä rivitaloyhtiö, jonka lämmönjakotapana oli lattialämmitys. Yhtiön kiinnostus energiansäästöön heräsi, kun joidenkin huoneistojen lämpötilat olivat virheellisten säätöjen vuoksi asumisviihtyvyyttäkin ajatellen liian korkeat.

Työn tavoitteena oli alustavasti selvittää, soveltaisiko sääennustetta käyttävä säätöjärjestelmä kyseiseen kohteeseen ja mitkä voisivat olla sen säästövaikutukset energian käytössä ja rahallisesti. Tavoitteena oli myös laatia ohjeistusta jatkotestaukseen ennen järjestelmän kaupallistamista. Työ tehtiin Ekonor Oy:lle, joka toimii energiansäästöpalveluja tuottavana yrityksenä. Työssä avusti Ouman Oy, joka toimitti tarvittavat laitteistot.

2 KIINTEISTÖN PERUSTIEDOT

Tarkasteltava kohde on vuonna 2007 valmistunut rivitaloyhtiö nimeltään Asunto-osakeyhtiö Oulun Metsänvartija, joka sijaitsee osoitteessa Tukkipuuntie 18, Oulun Metsokankaalla. Yhtiön huoneistot ovat kaikki kaksitasoisia. Kolmen asuinrakennuksen lisäksi yhtiöön kuuluu huoltorakennus, jossa sijaitsevat väestönsuojatilat, sähkökeskus ja lämmönjakohuone sekä erillinen autotallirakennus, jossa on neljä autotallia. Kiinteistön muut tiedot on esitetty taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Kiinteistön perustiedot yhtiön liittyessä kaukolämpöön (1)

pinta-ala	1662 m ²
asuntojen lukumäärä	14 kpl
asukkaiden lukumäärä	42 hlö
rakennustilavuus	6211 m ³
kerrosala	1750 m ²

Kuvassa 1 on rakennuttajan esitemateriaalista poimittu kuva josta käy ilmi että rakennukset ovat tiiliverhoiltuja.



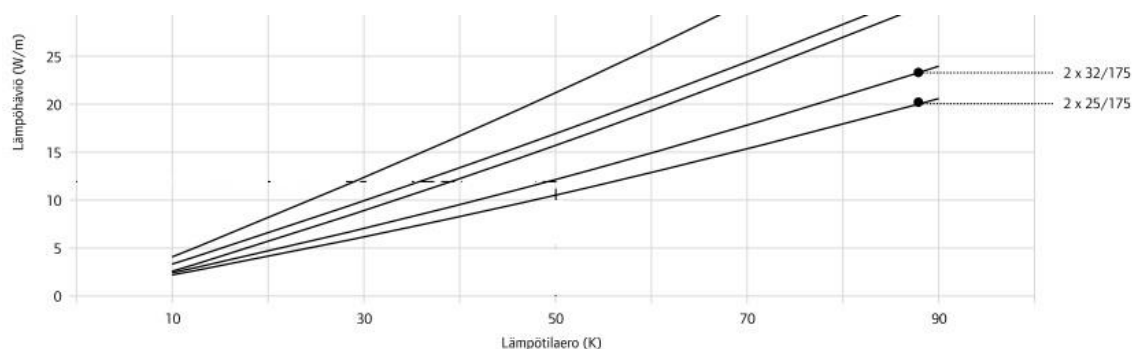
KUVA 1. Havainnekuva A-talosta (2)

2.1 Lämmönjakojärjestelmä

Asuinrakennusten lämmitys on toteutettu vesikiertoisena lattialämmityksenä. Huoneistoissa on termostaatit, jotka ohjaavat lattialämmityksen veden virtausta sulkien virtauksen, kun lämpötila saavuttaa asetusarvon, ja palauttavat virtauksen, kun lämpötila on laskenut riittävästi. Termostaatit ovat sijoitettuina keskeisille paikoille huoneistoissa, ja ne ohjaavat usean lattialämmityspiirin toimilaitetta samanaikaisesti, mikä ei asumisviihtyvyyden kannalta ole paras ratkaisu. Suositeltavampaa on varustaa jokainen huone omalla termostaatillaan siten, että huoneen lämpötilan noustessa riittävän korkealle katkeaa huoneen tarpeeton lisälämmitys eivätkä huonelämpötilat nouse tarpeettoman korkealle. Lämmön siirtäminen lämmönjakohuoneesta taloihin on toteutettu maan alla kulkevilla eristetyillä kanaaliputkilla.

2.1.1 Kanaaliputken lämpöhäviön määrittäminen

Putkien tarkkaa reittiä ei ollut mahdollista selvittää, mutta asemapiirroksesta (liite 1) arvioiden maan alla on yhteensä 65 metriä kanaaliputkea. Kanaaliputken pituudella on vaikutusta lämmönjakojärjestelmän tehokkuuteen, sillä lämpöhäviöt maaperään ovat hukkaan menevää energiaa, jota ei talojen lämmitykseen voida käyttää. Myös virtaavan veden lämpötilalla on vaikutusta kanaaliputken lämpöhäviöihin. (Kuva 2.)



KUVA 2. Kaksiputkisen eristetyn putken lämpöhäviö (3)

Lämpöhäviön määrittämistä varten pitää laskea putkessa virtaavien nesteiden keskimääräinen lämpötilaero suhteessa ympäröivään maaperään. Uponorin esimerkissä maaperän lämpötilaksi on annettu arvo +5 °C. Lämpötilaero lasetaan kaavalla 1 (3).

$$\Delta t = (t_1 + t_2) / 2 - t_0$$

KAAVA 1

t_1 = lämmityksen menoveden lämpötila (°C)

t_2 = lämmityksen paluuveden lämpötila (°C)

t_0 = maaperän lämpötila (°C)

Kun ulkoilman lämpötila oli –1,4 °C, samanaikaisesti menoveden lämpötila oli 32,1 °C ja paluuveden 28,9 °C. Saaduilla arvoilla voidaan laskea kanaaliputken keskimääräinen lämpötilaero ympäröivään maahan sijoittamalla se kaavaan 1.

$$\Delta t = (32,1 + 28,9) / 2 - 5 = 25,5$$

Saadulla arvolla voidaan kuvasta 2 arvioida lämpöhäviöksi noin 6 wattia metrille kaksiputkista kanaalia, jossa virtausputken koko on 32 millimetriä. Kun lämpöhäviö määritetään 65 metrille tekee se yhteensä 390 wattia.

Huomioitava on että kyseinen lämpöhäviö on laskettu kun ulkoilman lämpötila on lähellä nollaa astetta. Tämä on vielä kaukana ulkoilman mitoituslämpötilasta Oulun seudulla –32 °C (5, s.29). Kun tarkastellaan lattialämmityksen suunnittelulämpötiloja, käytetään yleisesti arvoja 38 °C menovedelle ja paluuvedelle 7 astetta vähemmän eli 31 °C, jolloin keskimääräiseksi lämpötilaeroksi tulisi kaavalla 1 laskettuna 29,5. Lämpötilaeroa ja sitä kautta lämpöhäviöitä on saatu pienennettyä siirtymällä lämmönjaossa matalalämpöisiin järjestelmiin.

Säästöpotentiaalia kuitenkin on, jos päästään edelleenkin säätämällä laskemaan turhan korkeita lämpötiloja alhaisemmiksi jolloin lämpöhäviö entisestään pienenee.

2.2 Lämmitysjärjestelmä

As.Oy on liitettyä Oulun Energian kaukolämpöverkkoon. Kaukolämpösiirrin ottaa kaukolämpövedestä tarvittavan energiamäärän siirtäen sen käyttöveteen ja lämmitysverkostoon. Lämmönjakokeskus on varustettu väliottokytkenällä, jossa lämmin käyttövesi esilämmitetään lämmitysverkoston siirtimeltä palaavalla kaukolämpövedellä, mikä parantaa siirtimen tehokkuutta kaukolämpöveden hyödyntämisessä. Yhtiön tilausteho on 93 kW, ja sen tilausvesivirta on 1,06 m³/h. Lämpimän käyttöveden lämpötilaa säädetään omalla 2-tieventtiilillä joka päästää kaukolämpövettä vaihtimen läpi siten, että lähtevän veden lämpötila pyritään pitämään arvossa 58 °C.

Energiankulutusmittarit on varustettu etäluentajärjestelmällä mikä mahdollistaa kulutuslukemien siirtymisen energiayhtiölle jopa tunnin välein. Kaukolämmön tuntiluennan avulla huomataan nopeammin poikkeavat kulutukset ja voidaan tehdä toimenpiteitä tilanteen korjaamiseksi ilman, että pitkäkestoisesti tuhlaata energiaa.

2.3 Ilmanvaihtojärjestelmä

Huoneistot on varustettu omilla ilmanvaihtokoneillaan, joissa on lämmöntalteenottojärjestelmä. Asukkaat ohjaavat koneita tarpeenmukaisesti omilla säätimillään, ja niissä on sähköinen tuloilman jälkilämmitys.

3 KIINTEISTÖN ENERGIANKULUTUSHISTORIA

3.1 Vuosikulutukset

Kiinteistön kulutustietoja on saatavissa vuodesta 2007 alkaen. Kaukolämpö on kytketty 4.7.2007 joten ensimmäisen vuoden tiedot ovat vajaat. Vuoden 2012 tiedot taulukossa 2 ovat ajalta tammikuu–huhtikuu.

TAULUKKO 2. Kiinteistön vuosikulutustiedot (1)

vuosi	päivät	KL-energia [MWh]	lämmöntarveluku [°Cd]	keskilämpötila [°C]
2007	158	160,00		
2008	354	192,46	4589	3,84
2009	367	207,31	4942	2,96
2010	363	231,92	5626	1,37
2011	366	205,58	4536	4,13
2012	121	103,44		

3.2 Kuukausikulutus vuonna 2011

Kuukausittaiset kulutuslukemat vuodelta 2011 ovat esitettyinä taulukossa 3.

Niistä voidaan havaita kohtuullisella tarkkuudella yhtiön peruskulutus, joka käsittää lämpimän käyttöveden, kun tarkastellaan kuukausia (kesäkuu-elokuu), jolloin lämmitystarvetta ei käytännössä ole ollut.

TAULUKKO 3. Kiinteistön kuukausikulutustiedot vuodelta 2011 (1)

kuukausi	päivät	KL-energia [MWh]	lämmön-tarveluku [°Cd]	keskilämpö-tila [°C]	vertailulämmön-tarveluku [°Cd]
01	32	31,69	819	-9,45	829
02	28	34,12	933	-16,33	749
03	30	23,08	653	- 4,05	674
04	31	18,29	420	3,00	484
05	31	12,4	182	8,62	263
06	30	5,79	8	15,79	49
07	31	4,2	0	18,25	11
08	31	5,9	17	14,52	62
09	30	9,31	145	10,99	243
10	31	17,7	367	5,15	442
11	30	20,8	455	1,84	606
12	31	22,32	537	-0,31	758

3.3 Normeerattu vuosikulutus

Normaalivuoden keskilämpötila Oulussa on 2 °C ja vastaava lämmöntarveluku vuositasolla 5170 °Cd. Vuosittain sääolosuhteet vaihtelevat, jolloin kiinteistön kulutustiedot voidaan normeerata vertailuvuoden tasolle, jolloin niistä tulee keskenään vertailukelpoisia. Normeeratuista vuosikulutustiedoista voidaan havaita mahdollisten muutosten vaikutus luotettavammin kuin pelkistä kulutustiedoista.

Käyttöveden energiankulutus voidaan arvioida kohtalaisen tarkasti tarkastelemalla kesäajan kulutusta, kun lämmitystarvetta ei ole. Kyseisessä tilanteessa voidaan käyttää kolmen lämpimimmän kuukauden kulutuskeskiarvoa, joka taulukosta 3 laskettuna on 5,3 MWh kuukaudessa. Vuositasolla se on noin 63,6 MWh joka on noin 30 % yhtiön kaukolämpöenergian kulutuksesta vuosina 2008–2011 .

Normeerattu kulutus lasketaan kaavalla 2 siten, että vuosikulutuksesta vähennetään ensin käyttöveden osuus 30 % ja loppuosaa verrataan normaalivuoteen.

Kulutuksen normeeraus (3)

KAAVA 2

$$Q_{\text{toteutunut}} = Q_{\text{kok}} - Q_{\text{lämmin käyttövesi}}$$

$$Q_{\text{norm}} = S_{N \text{ vkunta}} / S_{\text{toteutunut}} \times Q_{\text{toteutunut}} + Q_{\text{lämmin käyttövesi}}$$

jossa, $S_{N \text{ vkunta}}$ = Normaalivuoden lämmitystarveluku (Oulu 5170)

$S_{\text{toteutunut}}$ = toteutunut vuoden lämmitystarveluku.

Taulukosta 4 nähdään että normeerattu kulutus on pysynyt hyvin samanlaisena ensimmäiset kolme vuotta mutta noussut hieman vuonna 2010.

TAULUKKO 4. Normeerattu vuosikulutus

vuosi	päivät	KL-energia [MWh]	energia / 365pv [MWh]	normeerattu kulutus [MWh]
2008	354	192,46	198,4	216,0
2009	367	207,31	212,1	212,9
2010	363	231,92	233,2	220,0
2011	366	205,58	205,0	225,1

4 MITTAUS- JA SÄÄTÖLAITTEISTO

Kohteessa oli kaukolämpösiirtimessä asennettuna lämmönsäädin ja kaukolämpöverkostossa oli energialaitoksen toimittama energiamittari. Lisäksi neljään huoneistoon asennettiin huonelämpötilaa mittaavat anturit joista yhteys toimi langattomasti keskusyksikköön.

4.1 Lämmönsäätöjärjestelmä

Yhtiön lämmitystä säätää Oumanin valmistama EH-203-säädin, joka säätää ulkolämpötilan mittauksen avulla lämmitysjärjestelmään menevän veden lämpötilaa. Säätö tehdään esisäädetyn lämpötilakäyrän mukaisesti ohjaamalla 2-tieventtiilillä kaukolämpöveden virtausta vaihtimen läpi. Laitteesta saadaan luetua lämmitysverkoston meno- ja paluuveden lämpötilat sekä ulkolämpötila. Laitteessa on myös paikkoja muille mahdollisesti tarvittaville mittauksille. Säädin esitettyinä kuvassa 3.

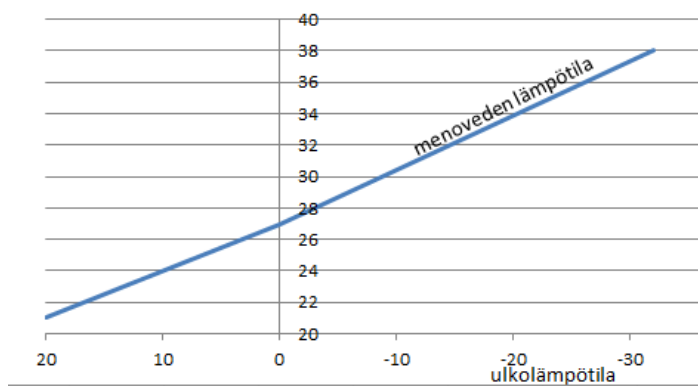


KUVA 3. Ouman EH-203 -säätöjärjestelmä (6)

Laite ohjaa myös lämpimän käyttöveden lämpötilamittaustiedon ja asetusarvon perusteella 2-tieventtiiliä joka säätää kaukolämpöveden virtausta käyttövesivaihtimen läpi. Käyttöveden lämpötila voidaan lukea laitteesta.

4.1.1 Lämpötilakäyrä

Lämmönsäädin mittaa ulkoilman lämpötilaa ja ohjaa kaukolämpöveden 2-tieventtiiliä siten, että lämmitysverkostoon menevän veden lämpötila olisi laitteeseen asetellun lämpötilafunktion eli yleisesti lämpötilakäyrän mukainen. Esi-merkkinä lämpötilakäyrästä on kuva 4, jossa on kuvattu lattialämmityksen menoveden lämpötilat eri ulkolämpötilan arvoilla.



KUVA 4. Menoveden lämpötila ulkoilman lämpötilan funktiona

4.2 Tietojen keruu ja siirtäminen

EH-203 on kytketty Modbus-väylän avulla Oumanin EH-net -järjestelmään sekä sen rinnalla toimivaan modernimpaan Ounet-järjestelmään, joista molemmista on tietoverkkoyhteys internetiin langattomasti joko GSM- tai 3G-verkon kautta. Samaan Modbus-väylään on kytketty myös langattomien huoneistolämpötilamittareiden keskus joka saa lämpötilat huoneistoista radioverkkoyhteyden avulla. Kuvassa 5 on EH-net-järjestelmä asennettuna EH-203-lämmönsäätimen alle.



KUVA 5. EH-net laitteisto EH-203:n alapuolella (7)

Mittaustulokset voidaan siirtää talteen ottamalla yhteys internetin kautta Ounet-tin tai EH-nettin, joissa molemmissa on sisäänrakennettuna web-pohjainen käyttöliittymä asetusten ja mittaustulosten hallinnointiin. Mittaustulokset tallentuvat Excel-muodossa tai niistä voi muodostaa graafisen kuvaajan.

4.3 Sää tiedot

Ounet saa sää tietonsa Foreca Oy:n täsmäsää datavirtana järjestelmään syötettyjen koordinaattien perusteella. Sää tiedot kertovat ennusteen kuuden tunnin päähän lämpötilasta, tuulen nopeudesta, suhteellisesta kosteudesta ja auringon säteilyvaikutuksesta.

4.4 Sää taminen sää tietojen perusteella

Sää tietojen lataamisen jälkeen laite voi laskea lämmitysjärjestelmän tulevan kuuden tunnin lämmöntarpeen ja varautua mahdollisiin lämmitystarpeen muutoksiin jo etukäteen. Jos on odotettavissa, että ulkoilman lämpötila lähtee laskuun, järjestelmä voi nostaa lämmityskäyrän mukaista lämpötilaa tilapäisesti ylöspäin, jolloin hitaasti sää tyvä lattialämmitys ehtii varata lämpöä. Vastaavasti, jos on odotettavissa ulkolämpötilan nousua tai auringon paistetta voidaan menoveden lämpötilaa laskea jo hyvissä ajoin, sillä lattiaan ja rakenteisiin on va-

rastoitunut lämpöenergiaa, joka riittää pitämään asunnon sopivassa lämpötilassa vaikka lisälämmitystä vähennetään.

Säätöjärjestelmään voidaan ohjelmoida asetuksia kunkin kohteen mukaisesti, kun tiedetään kohteen käyttäytyminen eri sääolosuhteissa. Säätöä voidaan tarkentaa ja asetuksia hienosäätää huoneistoista tehtävillä lämpötilamittauksilla.

Järjestelmän tavoitteena on pitää huoneistojen lämpötila mahdollisimman tasaisena ja säästötavoitteen mukaisesti leikata huoneistojen yllilämpöä. Lämmönjakotavan hitaudesta johtuva viive saadaan pienemmäksi, jolloin yllilämpöä on ajallisesti vähemmän kuin perinteisellä vain ulkoilman lämpötilaan perustuvalla säädöllä.

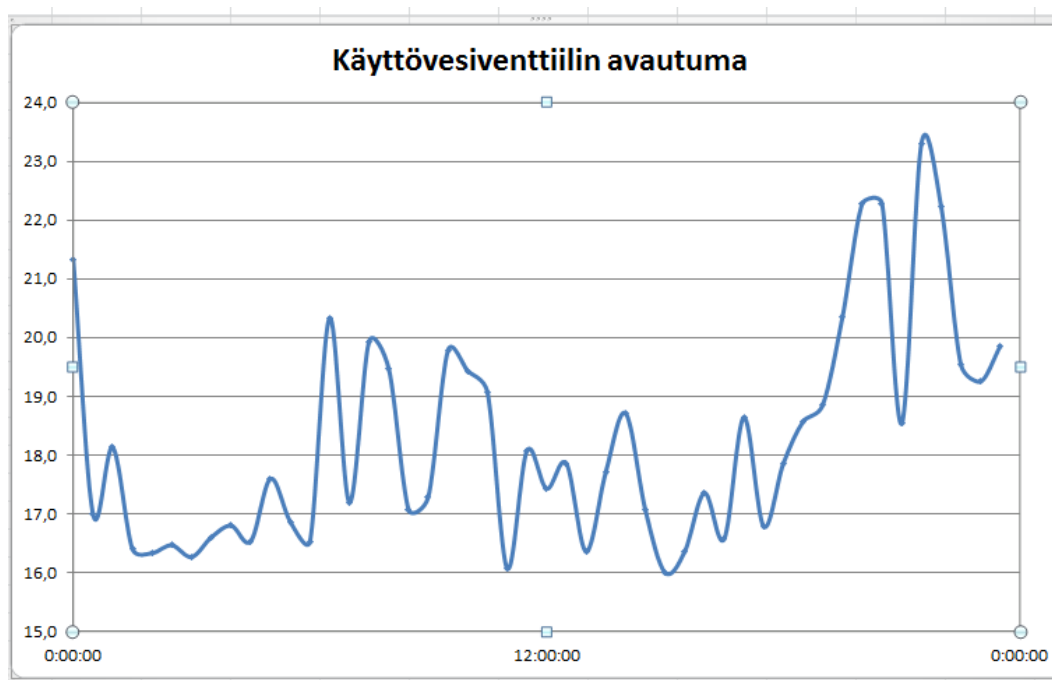
Tässä tutkimuksessa laitteisto ei vielä kerännyt säätietoa eikä säätänyt lämmitystä sen perusteella.

5 ESIMERKKEJÄ MITTAUSTULOKSISTA

Mittaustuloksia kertyi ajalta 10. – 31.5.2012, mutta aivan jokaiselta päivältä ei tallentunut tuloksia. Laite tallensi arvot puolen tunnin välein siten, että luenta-hetkellä tallennettiin kyseinen hetkellinen arvo. Kaukolämpömittarilta tallennettiin arvot tunnin välein.

5.1 Lämpimän käyttöveden käyttö

Laitteiston oli mahdollista tallentaa käyttöveden lämpötilaa säättävän venttiilin hetkellinen arvo. Mitä suurempi arvo, sitä enemmän vettä pitää lämmittää, eli sitä enemmän lämmintä käyttövettä käytettiin. Pohjakulutuksena on lämpimän käyttöveden kierron vaatima lämmitys, joka pitää venttiilin aina jonkin verran auki. Kun saadut lukemat lasketaan jokaiselle vuorokauden tunnille keskiarvona, saadaan keskimääräistä vuorokautista lämpimän käyttöveden kulutusta kuvaava kuvaaja (KUVA 6). Voidaan olettaa, että yöllä kulutus on nolla ja havaita, että illalla kulutus on kaikista suurinta ja aamusta iltapäivään kulutushuiput tekevät kuvaajaan teräviä piikkejä johtuen kotona olevista asukkaista, jotka käyttävät lämmintä vettä.



KUVA 6. Käyttövesiventtiilin arvo eri vuorokauden aikoina

Lämpimän käyttöveden kulutuksella on merkittävä vaikutus kaukolämmön kulu-
tukseen. Lämmönsäätöjärjestelmien vertailussa sen vaikutus pitäisi pystyä pois-
tamaan niin hyvin kuin mahdollista.

5.2 Yhdistettyjä tuloksia

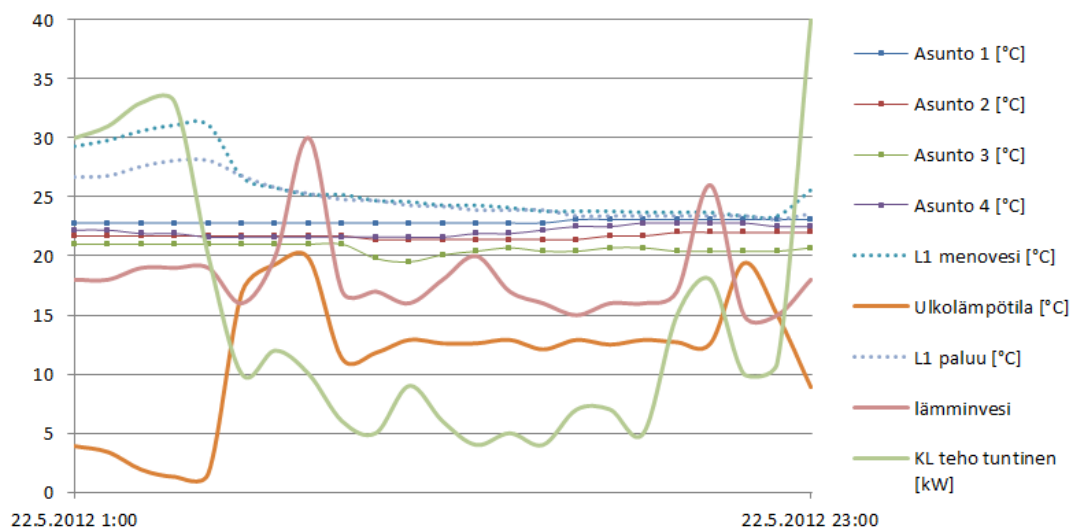
Kun yhdistetään EH-203:n ja kaukolämpömittarin keräämät tiedot yhdelle ku-
vaajalle saada kuvan 7 kaltaisia käyriä. Kyseisenä tiistaipäivänä on ollut yöllä
ulkolämpötila lähellä nollaa, mutta noussut päivää kohti auringon lämmittäessä.

Lämmitysverkostoon menevässä ja palaavassa vedessä on ollut selvää lämpö-
tilaeroa yötilanteessa, mutta päivällä sitä ei ole juurikaan ollut. Kaukolämmön
tuntisessa tehossa näkyy yön lämmitystarve ja päivällä lämpimän käyttöveden
käyttö.

Asuntojen lämpötilat laskevat yöllä ja nousevat iltaa kohden auringon ja kotiin
palaavien asukkaiden vaikutuksesta. Tarkasteltaessa tarkemmin mittaustuloksia

(liite 2). Huomataan että asuntojen lämpötilat pysyvät mittaustulosten mukaan osassa asunnoista epäilyttävän tasaisina. Luultavasti radioyhteys langattomiin mittareihin on pätkenyt ja tuorein lämpötila-arvo ei ole päivittynyt tuloksiin. Myöskään kaukolämpömittarilta ei ole joka päivältä tallentunut lukemia.

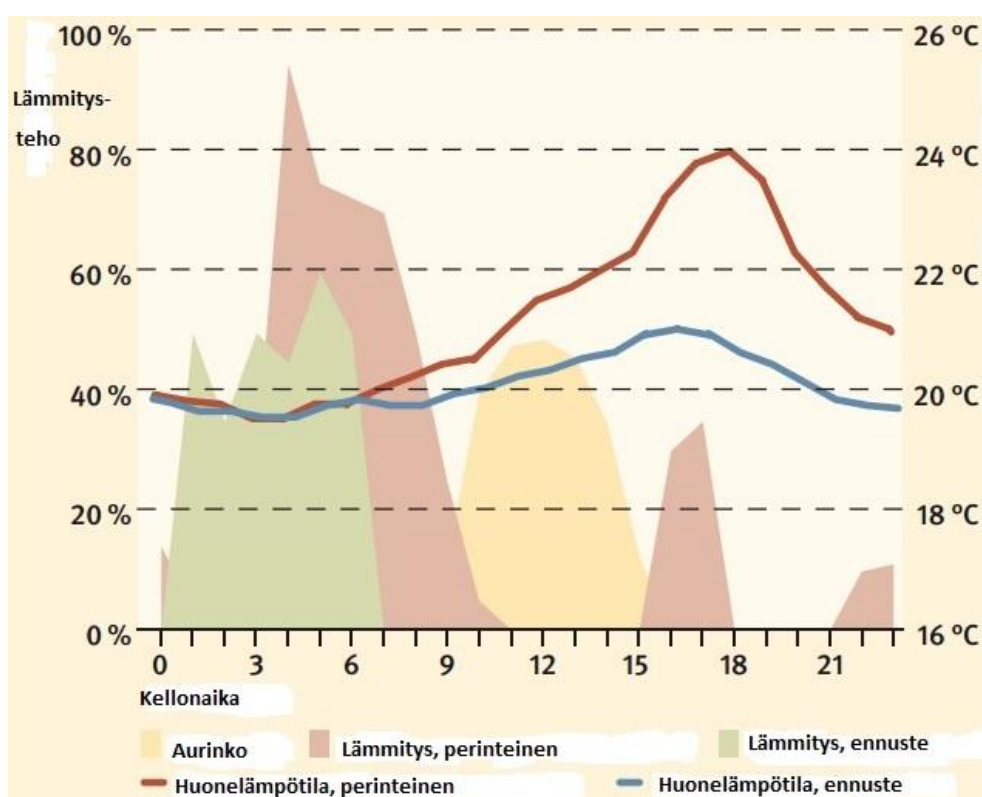
Ulkolämpötilan arvossa nähdään aamulla ja illalla epätavallinen tilapäinen nousu, jonka voidaan olettaa olevan ulkoanturiin osuvat auringonpaisteen aiheuttamaa. Osaltaan tämä vaikuttaa lämmönsäätöön siten, että se laskee lämmitysverkostoon menevän veden lämpötilaa ja leikkaa asuntojen yllämpöä tilanteessa jossa aurinko lämmittää muutenkin riittävästi.



KUVA 7. Mittaustuloksia kohteesta 22.5.2012

6 EHDOTUKSIA JÄRJESTELMÄN KENTTÄTESTEIHIN

Sääennustepalvelua on Saksassa testattu jonkin verran, ja siellä säästö pohjautuu auringon lämmitysvaikutuksen ennakoimiseen, ja muun lämmityksen vähentämiseen ennen odotettavissa olevaa auringosta johtuvaa lämpötilan nousua. Kuvassa 8 on kuvattu tilanne jossa lämmitystä ennakoivasti vähennetään aamuyöstä, kun ennuste lupaa auringonpaistetta.



KUVA 8. Sääennustesäädön vaikutus huonelämpötilaan (8).

6.1 Alkuvalmistelut

Kerätään kaikki mahdollinen tieto tarkasteltavasta talonyhtiöstä. Erityisen kiinnostavia ovat vesi- ja energiamittareiden lukemat, sillä lämpimän käyttöveden osuus kokonaisenergiankulutuksesta on merkittävä. Ilman riittävän tarkkaa tie-

toa lämpimän käyttöveden osuudesta ei voida luotettavasti arvioida säätöjärjestelmän parannuksen vaikutusta energiankulutukseen.

Lämpimän käyttöveden osuus kokonaisvedenkulutuksesta voidaan luotettavasti selvittää, jos huoneistoissa on erikseen lämpimän veden kulutusmittarit. Kun yhtiön vedenkulutushistoria ja jakauma vedenkulutuksen osalta on selvillä, voidaan päävesimittaria lukemalla arvioida lämpimän käyttöveden osuus testauksen aikana. Arvio voidaan varmistaa ja tarkentaa ottamalla huomioon vielä testauksen loputtua luettavat vesilukemat huoneistoista.

Jos erillistä mittausta lämpimälle vedelle yhtiössä ei ole, voidaan käyttää rakentamismääräysten mukaisia arvioita lämpimän veden osuudesta tai osuus voidaan arvioida kesäajan kulutuksien perusteella.

Jos vain on mahdollista niin mittaustulosten laadun parantamiseksi olisi lämmitysverkostoon asennettava oma energiamittari, jolloin voidaan varmistua tulosten luotettavuudesta ja vertailukelpoisuudesta.

Lämmitysjärjestelmä tasapainotetaan niin, ettei pääse syntymään tilannetta jossa jonkun huoneiston lämpötila laskee liian matalaksi, kun koko talonyhtiön lämpötilakäyrää säädetään järjestelmän ohjaamana.

Kiinteistön ulkolämpötilan mittaus tulisi järjestää niin, että se olisi luotettava eikä suora auringonpaiste tai epäsuora lämmönsiirtyminen esimerkiksi asfaltista tai seinästä pääsisi vaikuttamaan ulkolämpötilan mittaukseen.

Huoneistojen lämpötiloja mittaavien antureiden määrän pitäisi olla sellaisella tasolla, että mittaustulokset ovat koko yhtiötä edustavia. Ellei jokaiseen huoneistoon pystytä järjestämään lämpötilamittausta, pitäisi varmistua siitä, että mittarit ovat sijoitettuina sellaisiin huoneistoihin, jotka ovat säädön kannalta merkittävimmät, kuten kuumin ja kylmin huoneisto. Jos tasapainotus on onnistunut, ei kyseisten huoneistojen lämpötilaeron pitäisi olla suuri. Lämpötilantureiden yhteyksien toimivuudesta säätölaitteelle tulee varmistua ja yhteyksiä pitää parantaa toistinlineilla, jos tarvetta on.

Taloyhtiön kulutushistoriatiedot hankitaan mahdollisimman tarkkoina (korkeintaan kuukausi lukemien välillä) ja energiankulutuksesta pyritään muodostamaan yhtiökohtainen funktio eri ulkoilmalämpötiloissa jokaista lämmitettävää rakennuksen kuutiota kohden siten, että voidaan myöhemmin verrata kulutuspisteiden sijoittumista kyseiselle ominaiskulutus/lämpötilafunktiolle.

6.2 Testauksen aikana

Ulkolämpötilasta, huoneistojen lämpötiloista ja lämmitysverkoston lämpötiloista kerätään tietoa jatkuvana virtana. Lämmitysverkoston toimintapisteiden avulla selvitetään verkoston ominaiskäyrä, jonka avulla saadaan verkoston vesivirta ja edelleen lämpötilojen avulla lämmitysteho kulloisenakin hetkenä. Verkosto voidaan varustaa jatkuvalla paine-ero mittauksella, jos pumppu on asetettu toimimaan vakiokierroksilla. Paine-eron avulla voidaan laskea verkoston hetkellinen vesivirta ja arvioida sen perusteella termostaattien sulkeutumisastetta huoneistoissa.

Käyttöveden kierron vaikutus kulutukseen selvitetään. Mitataan vähäisen vedenkulutuksen aikaan (yöllä) virtaama kiertovesipiirissä ja selvitetään lämpötilat ennen ja jälkeen vaihtimen. Jos lämmitysverkostolla on oma energiamittaus, tätä vaihetta ei tarvita.

Kerätään tietoa niin, että sääennustesääto on välillä päällä ja välillä niin, että sääto on pelkän ulkolämpötilan varassa. Olisi myös hyvä kokeilla sellaista säätoä jossa käytetään sekä ulkolämpötilaa että asuntojen lämpötilaa ja tutkia tällaisen järjestelyn vaikutusta yllämpöihin, ja sitä kautta lämmönkulutukseen.

Pyritään saamaan jokaisesta eri säätötavasta riittävän paljon mittaustuloksia sellaisilta päiviltä jotka eroavat lämpösummaltaan ja aurinkoisuudeltaan toisistaan, jotta voidaan varmistua, että tulokset ovat tilastollisesti edustavia jotta niitä voidaan luotettavasti tehdä vertailuja.

6.3 Testauksen jälkeen

Kulutustiedoista pyritään karsimaan kulutustiedoista kaikki ne osat jotka eivät ole sääolosuhteista riippuvia. Kerätyistä tiedoista lasketaan normeeratut kulutukset, joita voidaan verrata parhaiten kuukausitasolla aikaisempiin kulutuksiin. Kohteen oman lämpötilamittauksen tuottamaa lämmitystarvelukua verrataan paikkakunnan vastaavaan lukuun ja harkinnan mukaan tarkistetaan normeerausta paremmin vastaavaksi. Jos käytettävissä on riittävästi tuoreita mittaustuloksia eri säätötavoilla, suoritetaan vertailu myös näiden kesken

Huoneistolämpötilojen pysyvyyttä ja tasoa tarkastellaan, ja selvitetään oliko säästö onnistunut pitämään lämpötilat noin 22 °C:n tasolla, jonka useimmat kokevat miellyttävimmäksi sisälämpötilaksi (4).

Lämmityksen tehoa tarkastellaan tuntitasolla suhteessa lämmitystarpeeseen ja sääennusteeseen. Sääennusteen tuottaman ennakkoinnin hyöty lasketaan esimerkkitalanteissa joissa sää lauhtuu jyrkästi tai pakkasen kiristyy. Jyrkkien muutosten esiintymistiheyttä tarkastellaan, ja myös tätä kautta arvioidaan järjestelmän tarpeellisuutta.

Järjestelmän käyttöönoton vaikutuksia tarkastellaan kulutuslukemiin ominaiskulutusfunktion avulla. Säästön määrä eri kuukausina lasketaan, jos funktion käyrä on siirtynyt alemmalle tasolle. Järjestelmän vaikutusta kaukolämmön tilausvesivirtaan arvioidaan ja lasketaan mahdolliset säästöt alentuneessa perusmaksussa.

7 POHDINTA

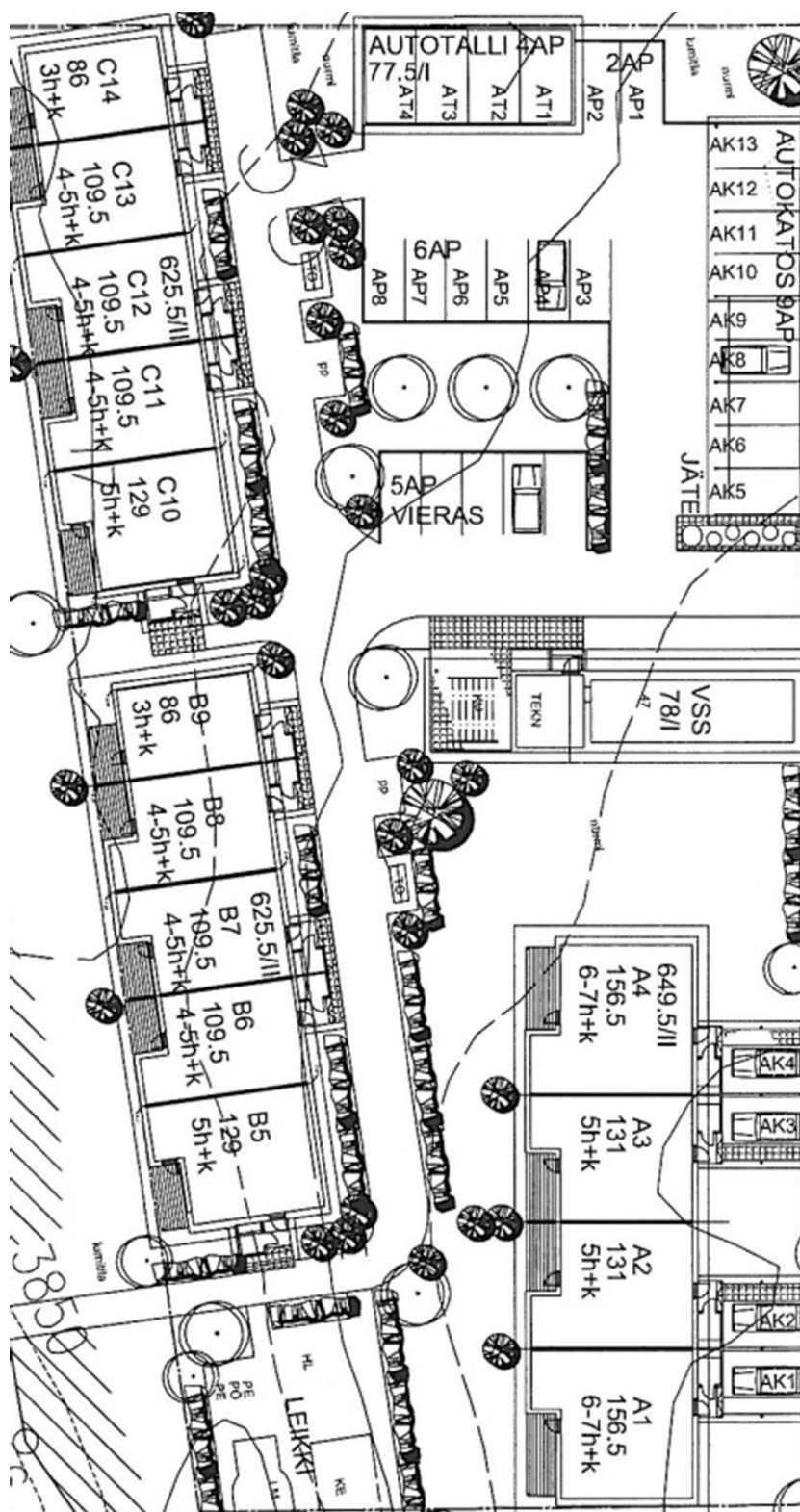
Energiankulutus aiheuttaa rakennusten elinkaarikustannuksista merkittävän osan. Kulutuksen vähentäminen ja säästäminen on sekä ympäristön, että rahallisen vaikutuksen kannalta tarkoituksenmukaista. Lämmityksen kulutukseen voidaan merkittävästi vaikuttaa oikeilla lämmityksen perussäädöillä ja lämmityslaitteistojen oikealla käytöllä.

Mitä tasaisempina huonelämpötilat pysyvät, ja mitä vähemmän lämmitetään turhaan, sitä parempi on asumisviihtyvyys ja samalla saavutetaan energiansäästöä. Aurinko on iso vaikuttava tekijä joka nostaa tarpeettomasti huoneistojen lämpötiloja. Kun tämä tapahtuu lämmityskauden vielä ollessa käynnissä, voidaan olettaa, että lämmitetään turhaan. Kyseiset tilanteet ajoittunevat lämmityskauden reunamille ja erityisesti kevääseen jolloin yölämpötilat ovat alempia kuin vastaavassa tilanteessa syksyllä.

Testattavaksi jää, onko sääennustepalvelun suurin säästöpotentiaali Suomessa juuri auringon lämmitysvaikutuksen huomioimisessa etukäteen, vai mahdollisesti ulkolämpötilojen jyrkkien muutosten yhteydessä.

LÄHTEET

1. Kulutustiedot. Oulun energia. Tiedot saatu sähköpostilla 1.6.2012.
2. Kohde-esite As.Oy Oulun Metsänvartija. 2009. Lujatalo Oy.
3. Eristetyt lämmitys- ja käyttövesiputkistot, suunnittelu- ja asennusohje. Uponor Oy. Saatavissa:
http://www.uponor.fi/download_center/hakutulokset.aspx?txt=ecoflex&typ=1. Hakupäivä 2.6.2014.
4. Vesikiertoisien lattialämmityksen perusteet. Oy Danfoss Ab. Saatavissa:
http://lampo.danfoss.com/PCMPDF/Handbook_Introduction_VGDYA220_hi-res.pdf. Hakupäivä 3.6.2014
5. D3(2012).2011. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2012.D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma.Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa:
http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Suomi.pdf. Hakupäivä 3.6.2014
6. EH-203. Ouman Oy. Saatavissa: http://www.ouman.fi/fi/eh-203_mp/. Hakupäivä 3.6.2014.
7. EH-net. Ouman Oy. Saatavissa: <http://www.ouman.fi/fi/eh-net/>. Hakupäivä 3.6.2014
8. When weather forecasts control the heating. BINE Information Service. Karlsruhe, Saksa. Saatavissa:
http://www.bine.info/fileadmin/content/Presse/Projektinfos_2011/Projektinfo_1411/ProjektInfo_1411_engl_interntx.pdf. Hakupäivä 3.6.2014



pvm ja aika	Asunto 1 [°C]	Asunto 2 [°C]	Asunto 3 [°C]	Asunto 4 [°C]	L1 menovesi [°C]	Ulkolämpötila [°C]	L1 paluu [°C]	lämmivesi	KL teho tuntinen [kW]
22.5.2012 1:00	22,8	21,7	21	22,2	29,3	3,9	26,7	18	30
22.5.2012 2:00	22,8	21,7	21	22,2	29,8	3,4	26,8	18	31
22.5.2012 3:00	22,8	21,7	21	21,9	30,6	1,9	27,6	19	33
22.5.2012 4:00	22,8	21,7	21	21,9	31,1	1,3	28,1	19	33
22.5.2012 5:00	22,8	21,7	21	21,6	31,1	1,6	28,1	19	20
22.5.2012 6:00	22,8	21,7	21	21,6	26,7	16,9	26,8	16	10
22.5.2012 7:00	22,8	21,7	21	21,6	25,8	19,3	25,8	20	12
22.5.2012 8:00	22,8	21,7	21	21,6	25,2	19,8	25,3	30	10
22.5.2012 9:00	22,8	21,7	21	21,6	25,2	11,3	24,8	17	6
22.5.2012 10:00	22,8	21,4	19,8	21,6	24,7	11,8	24,7	17	5
22.5.2012 11:00	22,8	21,4	19,5	21,6	24,6	12,9	24,3	16	9
22.5.2012 12:00	22,8	21,4	20,1	21,6	24,3	12,6	24,2	18	6
22.5.2012 13:00	22,8	21,4	20,4	21,9	24,3	12,6	23,9	20	4
22.5.2012 14:00	22,8	21,4	20,7	21,9	24,1	12,9	23,9	17	5
22.5.2012 15:00	22,8	21,4	20,4	22,2	23,8	12,1	23,9	16	4
22.5.2012 16:00	23,1	21,4	20,4	22,5	23,8	12,9	23,4	15	7
22.5.2012 17:00	23,1	21,7	20,7	22,5	23,8	12,5	23,4	16	7
22.5.2012 18:00	23,1	21,7	20,7	22,8	23,7	12,9	23,4	16	5
22.5.2012 19:00	23,1	22	20,4	22,8	23,7	12,7	23,4	17	15
22.5.2012 20:00	23,1	22	20,4	22,8	23,7	12,6	23,4	26	18
22.5.2012 21:00	23,1	22	20,4	22,8	23,4	19,4	23,4	15	10
22.5.2012 22:00	23,1	22	20,4	22,5	23,4	15	23,1	15	11
22.5.2012 23:00	23,1	22	20,7	22,5	25,6	8,9	23,6	18	40

23.5.2012 1:00	22,8	21,7	20,7	21,9	28,9	5	25,7	16	-
23.5.2012 2:00	22,8	21,7	20,7	21,9	29,7	3,9	26,7	16	-
23.5.2012 3:00	22,8	21,7	20,7	21,9	30,3	3,6	27,3	16	-
23.5.2012 4:00	22,8	21,7	20,7	21,6	30,3	2,7	27,3	17	-
23.5.2012 5:00	22,8	21,7	20,4	21,6	29,7	2,9	27,3	21	-
23.5.2012 6:00	22,8	21,7	20,4	21,6	26,7	14,5	26,3	19	-
23.5.2012 7:00	22,8	21,7	20,4	21,6	25,7	17,4	25,3	20	-
23.5.2012 8:00	22,8	21,7	20,1	21,6	25,2	18,4	24,8	37	-
23.5.2012 9:00	22,8	21,7	19,8	21,6	24,7	12,1	24,8	19	-
23.5.2012 10:00	21,9	21,7	19,8	21,6	24,6	13	24,3	17	-
23.5.2012 11:00	21,3	21,7	20,1	21,6	24,3	14,9	24,3	16	-
23.5.2012 12:00	21,3	21,7	20,1	21,6	24,3	17	23,9	15	-
23.5.2012 13:00	21,6	21,7	20,1	21,6	23,8	15	23,9	15	-
23.5.2012 14:00	22,2	21,7	20,1	21,6	23,8	16,4	23,9	17	-
23.5.2012 15:00	22,5	21,7	20,1	21,9	23,8	17,4	23,4	16	-
23.5.2012 16:00	22,5	21,7	20,4	22,5	23,8	15,4	23,4	16	-
23.5.2012 17:00	22,5	21,7	21	22,5	23,4	16,4	23,4	33	-
23.5.2012 18:00	22,8	22	21	22,8	23,4	16	23,3	17	-
23.5.2012 19:00	22,8	22	21	22,8	23,4	14,9	23	17	-
23.5.2012 20:00	22,5	22,3	21	22,5	23,4	14,5	23	18	-
23.5.2012 21:00	22,5	22,3	21	22,5	23,4	18,3	23	19	-
23.5.2012 22:00	22,5	22,3	21	22,5	23,3	13	23	33	-
23.5.2012 23:00	22,5	22,3	21	22,5	25,6	9,3	23,8	21	-

pvm ja aika	Asunto 1 [°C]	Asunto 2 [°C]	Asunto 3 [°C]	Asunto 4 [°C]	L1 menovesi [°C]	Ulkolämpötila [°C]	L1 paluu [°C]	lämmينvesi	KL teho tuntinen [kW]
24.5.2012 1:00	22,5	22	21	21,9	27,6	6,2	25,5	16	28
24.5.2012 2:00	22,5	22	21	21,9	29,1	5,9	26,5	17	26
24.5.2012 3:00	22,5	22	21	21,9	29	5,6	26,7	17	25
24.5.2012 4:00	22,5	22	20,7	21,6	29	5,5	26,7	16	22
24.5.2012 5:00	22,5	21,7	20,7	21,6	28,1	6,3	26,7	18	18
24.5.2012 6:00	22,5	21,7	20,7	21,6	27,7	7,1	26,3	16	14
24.5.2012 7:00	22,5	21,7	20,7	21,6	27,2	8,8	25,8	16	11
24.5.2012 8:00	22,5	21,7	20,4	21,6	26,2	10,8	25,3	19	10
24.5.2012 9:00	22,2	21,7	20,4	21,6	25,1	13,9	24,8	15	9
24.5.2012 10:00	21,9	21,7	20,4	21,6	24,7	14,2	24,3	27	8
24.5.2012 11:00	22,2	21,7	20,4	21,6	24,3	15,5	24,2	17	6
24.5.2012 12:00	22,2	21,7	20,7	21,6	24,3	17,4	23,9	15	5
24.5.2012 13:00	22,5	21,7	20,7	21,6	24	17,4	23,9	15	4
24.5.2012 14:00	22,8	21,7	20,7	21,9	23,8	17,9	23,8	16	7
24.5.2012 15:00	23,1	21,7	20,7	22,5	23,8	18,3	23,4	15	8
24.5.2012 16:00	23,4	21,7	21,3	22,8	23,8	17,4	23,4	32	5
24.5.2012 17:00	23,4	21,7	21,3	22,8	23,6	16,7	23,4	19	5
24.5.2012 18:00	23,4	22	21,3	22,8	23,4	18,3	23,4	19	5
24.5.2012 19:00	23,4	22,3	21,3	23,1	23,4	17,9	23,1	27	11
24.5.2012 20:00	23,4	22,6	21,3	22,8	23,4	16	23	22	13
24.5.2012 21:00	23,4	22,6	21	22,8	23,4	22,3	23	19	28
24.5.2012 22:00	23,4	22,6	21	22,8	23,4	18,4	23	18	8
24.5.2012 23:00	23,1	22,3	20,7	22,8	23,7	10,9	23	19	25
25.5.2012 0:00	23,1	22,3	20,7	22,5	26,6	8,6	24,3	31	27