



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
INSENERITEADUSKOND

---

Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

## HOONETE SOOJUSSÕLMEDE JUHTIMISE TÄIUSTAMINE SOOJUSE KULU SÄÄSTMISEKS

IMPROVEMENT OF CONTROL IN BUILDING HEAT SUBSTATIONS TO SAVE  
HEATING ENERGY

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Sander Sedrik

Üliõpilaskood: 153418AAVM

Juhendaja: Arbo Reino

Tallinn, 2018.a.

## AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

“.....” ..... 201.....

Autor: .....

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

“.....” ..... 201.....

Juhendaja: .....

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

“.....” .....201... .

Kaitsmiskomisjoni esimees .....

/ nimi ja allkiri /

# Lõputöö kokkuvõte

<i>Autor:</i> Sander Sedrik	<i>Lõputöö liik:</i> Magistritöö
<i>Töö pealkiri:</i> Hoonete soojussõlmede juhtimise täiustamine soojuse kulu säästmiseks	
<i>Kuupäev:</i> 05.01.2018	93 lk
<i>Ülikool:</i> Tallinna Tehnikaülikool	
<i>Teaduskond:</i> Inseneriteaduskond	
<i>Instituut:</i> Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut	
<i>Töö juhendaja(d):</i> Arbo Reino	
<i>Töö konsultant (konsultandid):</i>	
<i>Sisu kirjeldus:</i> Käesoleva töö eesmärk on uurida erinevate anonüümsete korterelamute näidetel kui palju on võimalik soojussõlme juhtimise ja reguleerimise abil vähendada kaugküttekulusi, kuid samas tagades vastavalt sisekliima standardile nõutavad tingimused. Sisetemperatuuri dünaamika analüüs näitas, et kõikide analüüsitud korterelamute puhul on soojussõlme juhtimise ja reguleerimise abil võimalik kulukokkukohoid saavutada. Samuti sai järeldada, et tulenevalt kõrgemast sisetemperatuurist kui 21°C olid soojussõlmed reguleeritud ebavajalikult kõrgele sisetemperatuuri tasemele. Antud järeldust kinnitas kulukokkukohoiu analüüs. Kulukokkukohoiu analüüs näitas, et ühe kütteperioodi (oktoober-märts) jooksul on võimalik keskmiselt säästa soojussõlme täpsema juhtimise abil 1,9% küttekogusest ja reguleerimise abil säästa 5,0% suurune kogus. Reguleerimise puhul arvestatud keskmise sisetemperatuuri langetamist 21°C tasemele ja samuti selle temperatuuri hoidmist antud tasemel. Korterehamu nr. 2 puhul oli näha, et sisetemperatuuri langetamisel 21°C tasemele ja selle hoidmisel on kulukokkukohoid väiksem kui sisetemperatuuri hoidmisel temperatuuri kõikumise miinimum väärtusel. Antud juhul oli miinimum väärtus madalam kui 21°C. Korterehamute nr. 3 ja 4 puhul taolisi väärtuseid ei esinenud.	
<i>Märksõnad:</i> soojussõlme juhtimine, soojussõlme reguleerimine, kulukokkukohoid, energiatõhus.	

# Summary of the Diploma Work

<i>Author:</i> Sander Sedrik	<i>Type of the work:</i> Masters Thesis
<i>Title:</i> Improvement of control in building heat substations to save heating energy	
<i>Date:</i> 05.01.2018	93 pages
<i>University:</i> Tallinn University of Technology <i>School of Engineering</i>	
<i>Department:</i> Department of Electrical Power Engineering and Mechatronics	
<i>Tutor(s) of the work:</i> Arbo Reino	
<i>Consultant(s):</i>	
<i>Abstract:</i> The aim of this Masters thesis is to research different anonymous apartment buildings, how much is it possible to save on buildings heat station control but maintaining requirements from indoor environmental standard. Internal temperature dynamics analysis showed, that regarding all of the apartment buildings the cost saving of heating costs is possible with more accurate control of heating stations. Also it was possible to conclude, that because of internal temperature higher than 21°C, the heating stations were regulated to unnecessary high internal temperature. This conclusion was verified by cost savings analysis. The cost savings analysis showed, that on average during one heating season (Oktober to March) it was possible to save on heating costs with more accurate heating station control and achieve 1,9% of savings with control and 5,0% of savings with regulation of the station. On the regulation of the heating station the internal temperature was lowered to 21°C and the work showed that regarding apartment building nr. 2 the regulation resulted in smaller savings than just precise control. That was caused because the average internal temperature was lower than 21°C. Savings regarding other apartment buildings (nr. 3 and 4), the results were the other way around, meaning the regulation of the heating station was more efficient than only precise control.	
<i>Keywords:</i> control of building heat substation, cost saving, energy efficient.	

# Sisukord

Sisukord .....	5
Lõputöö laiendatud ülesanne .....	7
Eessõna .....	9
Sissejuhatus .....	10
<b>1. Nõuded sisekliimale ja hoonete küte .....</b>	<b>12</b>
<b>2. Kaugküte.....</b>	<b>14</b>
<b>3. Soojussõlm .....</b>	<b>16</b>
3.1. Soojussõlme automaatika .....	19
3.2. Soojussõlme ühilduvusprotokoll hooneautomaatikaga .....	19
3.3. Soojussõlme komponendid juhtimiseks .....	19
3.4. Soojusvahetid .....	22
<b>4. Korterelamute soojuse säästupotentsiaali analüüs .....</b>	<b>24</b>
4.1. Korterelamu nr. 2 Tallinnas.....	24
4.2. Korterelamu nr. 2 mõõtmistulemused .....	24
4.3. Korterelamu nr. 2 mõõtmistulemused 09.12.2016 – 12.12.2016 .....	26
4.4. Korterelamu nr. 2 mõõtmistulemused 01.01.2017 – 09.01.2017 .....	29
4.5. Korterelamu nr. 2 mõõtmistulemused 05.02.2017 – 09.02.2017 .....	31
4.6. Korterelamu nr. 2 mõõtmistulemused 21.02.2017 – 23.02.2017 .....	34
4.7. Korterelamu nr. 2 mõõtmistulemuste kokkuvõte .....	36
4.8. Korterelamu nr. 3 Tallinnas.....	38
4.9. Korterelamu nr. 3 mõõtmistulemused .....	38
4.10. Korterelamu nr. 3 mõõtmistulemused 09.12.2016 – 12.12.2016 .....	39
4.11. Korterelamu nr. 3 mõõtmistulemused 01.01.2017 – 09.01.2017 .....	41
4.12. Korterelamu nr. 3 mõõtmistulemused 05.02.2017 – 09.02.2017 .....	43
4.13. Korterelamu nr. 3 mõõtmistulemused 21.02.2017 – 23.02.2017 .....	45
4.14. Korterelamu nr. 3 mõõtmistulemuste kokkuvõte .....	46
4.15. Korterelamu nr. 4 Harjumaal.....	48
4.16. Korterelamu nr. 4 mõõtmistulemused .....	48
4.17. Korterelamu nr. 4 mõõtmistulemused 05.12.2016 – 07.12.2016 .....	49
4.18. Korterelamu nr. 4 mõõtmistulemused 10.01.2017 – 13.01.2017 .....	51
4.19. Korterelamu nr. 4 mõõtmistulemused 05.02.2017 – 09.02.2017 .....	53
4.20. Korterelamu nr. 4 mõõtmistulemused 21.02.2017 – 23.02.2017 .....	55
4.21. Korterelamu nr. 4 mõõtmistulemuste kokkuvõte .....	56
<b>5. Kulukokkuhoiu analüüs .....</b>	<b>57</b>
5.1. Korterelamu nr. 2 kulukokkuhoiu tulemused .....	61
5.2. Korterelamu nr. 3 kulukokkuhoiu tulemused .....	66
5.3. Korterelamu nr. 4 kulukokkuhoiu tulemused .....	70
5.4. Korterelamute kulukokkuhoiu kokkuvõte .....	73
<b>6. Soojussõlmede juhtimissüsteemid, mis võimaldavad stabiliseerida sisetemperatuuri vältimaks „ülekütmist“ .....</b>	<b>78</b>
6.1. Juhtimislahendus firmalt eGain .....	78
6.2. eGain seadmed .....	80
6.3. eGain sihtgrupp .....	81

6.4.	Ehitajate tee 111, korterelamu nr. 1 Tallinnas.....	81
6.5.	Juhtimislahendus firmalt Ouman Oy.....	83
6.6.	Ouman seadmed.....	83
6.7.	Ouman sihtgrupp.....	84
	<b>Lõputöö kokkuvõte.....</b>	<b>85</b>
	<b>Kirjandus.....</b>	<b>90</b>
	<b>Lisad.....</b>	<b>93</b>

# Lõputöö laiendatud ülesanne

Lõputöö teema: Hoonete soojussõlmede juhtimise täiustamine soojuse kulu säästmiseks

Üliõpilane, üliõpilaskood: Sander Sedrik, 153418AAVM

Eriala: Elektroenergeetika

Lõputöö liik: magistritöö

Lõputöö juhendaja: Arbo Reino

Lõputöö ülesande kehtivusaeg: 30.06.2018

Lõputöö esitamise tähtaeg: 05.01.2018

---

Üliõpilane (allkiri)

---

Juhendaja (allkiri)

---

Instituudi direktor (allkiri)

## Teema põhjendus

Hetkel ja tulevikus on kasvava tähtsusega hoonete energiatõhusus ning järjest rohkem üritatakse igast võimalikust nüansist saada maksimaalne kasumlikus ümbritsevast keskkonnast. Enamus renoveeritavad korterelamud kasutavad SA Kredex toetusi, et vahetada välja iganenud süsteemid, soojustada fassaad ja vahetada katus. Tulenevalt riigipoolsest rekonstrueerimistoetuse tingimustest, peab rekonstrueeritud hoone vastama vähemalt energiamärgisele “C”, mis tuleneb *Majandus- ja taristuministri 30. aprilli 2015. a. määrus nr. 36*. Antud märgise saavutamiseks soojustatakse hoone, renoveeritakse fassaad ja katus ning paigaldatakse sundventilatsioon, kuid ei pöörata eriti tähelepanu viimase juhtimisse. Kasutatakse kaasaegset automaatikat, kuid süsteemi juhitakse tavaliselt üheainsa välistemperatuurianduri abil, mis loob olukorra, kus ülekütmise tagajärjel peavad inimesed aknaid avama, et langetada korteri sisetemperatuuri.

Tulenevalt energia kulust ja energiakandjate hindade kasvust otsivad korterelamute haldurid ja elanikud viise, kuidas vähendada hoonete energia (sh kütmise) kulu. Probleemsed perioodid korterelamutele on suurte välistemperatuuri kõikumistega perioodid, mille käigus kõigub ka

hoone sisetemperatuur, väheneb elanike rahulolu ja suurenevad küttearved. Kasutades erinevaid soojussõlme juhtimisviise, stabiliseerides hoone keskmine sisetemperatuur ja tasakaalustades küttesüsteem saavutatakse paremad tingimused elanikele ning madalam küttekulu. Järskude muutuste puudumine küttekarakteristikutes viitab omakorda madalale kütteenergia kulule. Tihti hoitakse korterelamutes liialt kõrget sisetemperatuuri, kuigi tegelikult on enamasti piisav eluruumide sisetemperatuur 21°C. Töö käigus toon välja, kui palju muutub küttekulu, kui oleks võimalik kõigest 1°C võrra langetada hoone keskmist sisetemperatuuri ning kuidas vastavalt saadud kasumit investeerida küttesüsteemi parendamisele.

### **Töö eesmärk**

Töö eesmärgiks on uurida, kui palju on võimalik korterelamute olemasolevate soojussõlmede targa juhtimise abil vähendada energiakulu.

### **Lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:**

Hinnata korterelamute olemasoleva kaugküttesüsteemi juhtimise tõhusust vastavalt väliskeskkonna muutustele ja hoone eripäradele.

Pakkuda välja lahendused, kuidas parendada hoone sisetemperatuuri stabiilsust.

Hinnata küttekulu optimeerimisel saadavat rahalise väärtuse suurust.

### **Lähteandmed**

Lähteandmed:

- korterelamute poolt esitatud sise- ja välistemperatuurid, kasutatava soojuse hulk;
- soojusettevõtete ja/või elamu haldaja poolt esitatud kaugkütte kogused;
- Riikliku ilmteenistuse poolt kogutud välistemperatuur ja päikese summaarne kiirgus, kraadpäevade hulgad;



# Eessõna

Antud magistritöö teema on pakutud Tallinna Tehnikaülikooli doktorandi Arbo Reino poolt. Antud teemaga tegelemise põhjuseks on autori isiklik huvi, kuidas säästa küttearvetelt seejuures kasutades ära võimalikult palju olemasoleva süsteemi võimekust.

Autor tänab Tallinna Tehnikaülikooli doktoranti Arbo Reino, tema panuse eest käesoleva magistritöö kirjutamises. Lisaks soovib tänada ettevõtteid Profener OÜ, Strantum OÜ, Keskkonnaagentuuri (KAUR) ja korterühistute liikmeid suurepärase koostöö eest.

Autori andmed:

Sander Sedrik

Ristiku 75-10, Tallinn

sander.sedrik@gmail.com

+372 5553 9881

AS Pristis

sander.sedrik@pristis.ee

## Sissejuhatus

Järk järgult muutuvad karmimaks nõuded uusehitistele ja renoveeritavatele hoonetele. Praegusel hetkel on suureks probleemiks madala energiatõhususega korterelamud, mis on ehitatud rohkem kui 20 aastat tagasi. Antud hoonetel puudub ventilatsiooni süsteem, soojussõlm koos juhtkomponentidega ja ülejäänud küttesüsteem on iganenud, lisaks on hoone fassaad amortiseerunud ning katusealune pind soojustamata. Taoliste hoonete puhul otsitakse võimalusi, kuidas ja mis suurusjärgus investeringuga oleks võimalik saavutada võimalikult madalad küttekulud, kuid samas saavutades stabiilne sisetemperatuur. Tihti kasutatakse võimalust ja teostatakse renoveerimine, seejuures jälgides vajalikke nõudeid saavutatakse piisav energiamäärgis, siis on võimalik saada riigilt renoveermistoetust. Võttes sihiks saavutada energiamäärgis alates „C“, siis on eeldused saada toetust SA Kredex ettevõttest tulenevalt *Majandus- ja taristuministri 30. aprilli 2015. a. määrus nr. 36* ettekirjutistele. Üldjuhul kasutatakse toetusi, et renoveerimine teostada, kuid nii enne kui ka peale renoveerimist, ei mõelda, et lihtsate võtetega oleks võimalik säästa küttekuludelt juba varem. Sellegipoolest peab arvestama, et tihti on hoone küttesüsteemid tasakaalust väljas, mille tagajärjel on maja erinevates osades erinevad sisetemperatuurid. Tasakaalustatud ja renoveeritud hoone puhul tihti ei arvestata, et väikeste muudatuste abil on võimalik vähendada küttekulu veelgi.

Tulenevalt Eesti geograafilisest asukohast on kütte olemasolu vajadus aastaringselt, selle tagajärjel on inimeste suurim kommunaalkulu just küttekulu. Antud kulu vähendades väikeste investeringute abil, on võimalik inimestele jätta iga aasta rohkem raha kätte, samas muutes eluruumide sisetemperatuuri stabiilsemaks ja tihti ka meeldivamaks. Kasutusel olevate küttesüsteemide ja halvasti soojustatud majade puhul, on suureks probleemiks peale kommunaalkulude veel hoonete soojusinertsus. Hoone küttesüsteem ei ole võimeline reageerima väliskliima muutustele ennatlikult ja sellest tulenevalt kõigub sisetemperatuur. Lisaks ei ole kasutusel andureid, mis suudaks mõõta päikese summaarset kiirgust ning kasutades seda ära hoone sisetemperatuuri hoidmisel. Vastav andur aitab vältida ülekütmist, mille tagajärjel avatakse aknad ning langetatakse sisekeskkonna temperatuuri.

Käesoleva töö eesmärk on uurida erinevate anonüümsete korterelamute näidetel kui palju on võimalik soojusõlme juhtimise ja reguleerimise abil vähendada kaugküttekulusi, kuid samas tagades vastavalt sisekliima standardile nõutavad tingimused.

Vastava eesmärgi saavutamiseks teostatakse järgnevad ülesanded:

- Uuritakse korterelamutes mõõdetud sisetemperatuuri liikumise dünaamikat;
- Analüüsitakse sisetemperatuuri dünaamikat kindlatel ajavahemikel;
- Tuuakse näited võimalikest soojussõlme juhtimislahendusest;
- Analüüsitakse juhtimislahenduste sobivust ja nende võimekust;
- Arvutatakse kõikidel hoonetel normeeritud küttekogused varasemalt kulunud koguste põhjal;
- Kasutatakse kraadpäevade arvutusmeetodeid määramaks võimalikku säästmiskogust;
- Teostatakse kulukokkuhoiu arvutused;
- Leitakse potentsiaalsed investeerimise võimalused sõltuvalt kokkuhoiu suuruselt.

Kogu töö aluseks on korterelamutes mõõdistatud sisetemperatuuri andmed, mida talletas hooneautomaatika süsteem teenusepakkuja andmekandjale. Eesti Riikliku Ilmateenistuse poolt mõõdetud välistemperatuuri andmed aitasid välistada perioodid, kui automaatika süsteem oli häires. Lisaks kasutatakse kulukokkuhoiu arvutuste teostamiseks soojust tootva ettevõtte poolt esitatud kuluandmeid. Vastavate andmete kasutamisel oli põhieesmärgiks teostada analüüsid ja järeldused usaldusväärsete andmete abil.

Käesolev töö on jagatud kaheks osaks, esimeses osas analüüsitakse korterelamute sisetemperatuuride dünaamikat, mida võrreldakse välistemperatuuriga. Antud osast tehakse järeldused, kas soojussõlme juhtimise ja reguleerimise abil on võimalik midagi parendada. Teises osas teostatakse, eelneva analüüsi põhjal, kulukokkuhoiu analüüs, mis näitab täpselt kui palju on võimalik teoreetiliselt soojussõlme juhtimise ja reguleerimise abil säästa.

# 1. Nõuded sisekliimale ja hoonete küte

Euroopa Liidus püstitatakse järk järgult kõrgemaid eesmärke seoses hoonete energiatõhususega. Soovitakse suurendada netonullenergia- ja liginullenergiahoonete ehituse ning kavandamise hulka. Seoses antud kavandusega on saanud väga aktuaalseks hoonete energiatõhusus. Tulenevalt *Majandus- ja taristuministri 30. aprilli 2015. a. määrus nr. 36* on lisaks rekonstrueeritud hoonetel nõutud vastavus energiamärgisele "C". Antud energiamärgise saavutamiseks vajab lisaks hoone fassaadile rekonstrueerimist küttesüsteem koos kaugkütte vastuvõtu seadmega ehk soojussõlmega. Energiatõhusate hoonete ehituseks ja vanade hoonete rekonstrueerimiseks on vaja hoonetesse paigaldada parimad võimalikud küttesüsteemid. Küttesüsteemide juhtimine peab olema täpne ja küttekarakteristikud koos parameetritega paikapandud nii, et kõetakse hoonet energiatõhusalt. Hoones olevat keskmist temperatuuri tuleb hoida võimalikult 21°C lähedal. Antud viisil tagatakse võimalikult madalad energiakulud ning inimestel on meeldiv sisekliima [1].

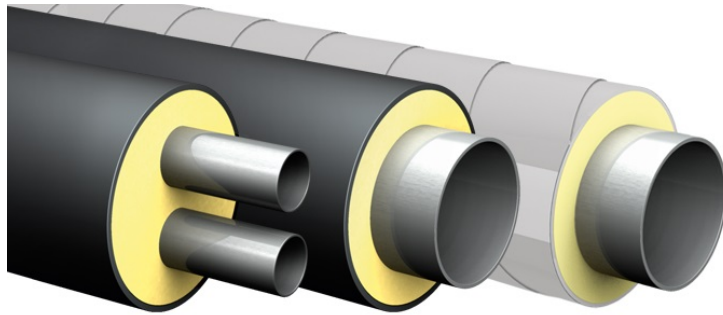
Tulenevalt Eesti kliima eripärast peab looduslikust asukohast olema valmis kütma hooneid aastaringselt. Põhiline kütteperiood Eestis on oktoobrist kuni märtsini. Toimub hoonete kütmine nii septembris, kui ka aprillis, kuid aastad on erinevad ning nende võrdlemiseks ja eristamiseks kasutame kraadpäevi. Hoone küte on peamiselt mõjutatud välistemperatuurist ja päikese kiirgusest. Välistemperatuur jahutab soojemat sisetemperatuuri, mida peab kompenseerima hoone küttesüsteem soojema küttevee suunamisega kütteelementidesse. Antud kompenseerimise ajastus peab olema väga täpne, kuna täpsuse puudumisel tekivad kõikumised sisetemperatuuris, mis loob elanikele ebameeldiva keskkonna. Samuti on kõikuva sisetemperatuuriga hoone küttearved suuremad, kui stabiilse temperatuuriga hoonetel. Kõikuva temperatuuriga hoonetel juhtub sageli olukord, kus kõetakse ruume üle ning inimesed on sunnitud aknaid avama. Akende avamine näitab kõige halvemat olukorda, kuna raha eest ostetud soojust lastakse läbi akende õue. Halvima olukorra algatab tihti küttesüsteemi halb reguleeritus ning aeglane juhtimine. Kortere lamute küttesüsteemi juhtimisel on raskendavaks asjaoluks hoone soojuslik inertsus. Soojuslik inertsus tuleneb hoone konstruktsioonide soojenemisest, kui sisekeskkonda kõetakse. Halva reguleerimise tagajärjel on soovimatul ajal sisetemperatuur kõrge. Kõrge temperatuuri tulemusena on soojenenud ka hoone ehituslikud konstruktsioonid ning tulenevalt soojuslikust inertsusest tekib olukord, kus korterelamus küttesüsteem lõpetab kütmise, kuid sisetemperatuur veel tõuseb ning samal ajal tõuseb ka

välitemperatuur. Mitme teguri koosmõjul tekib ülekütmine ning selle tulemusena on kütte eest makstud asjata, kuna kogu kõetud siseõhk suunatakse akna kaudu õue.

Hoonete energiatarbe määramiseks sõltumatult kindla aasta isepärasustest kasutatakse kraadpäevi. Kraadpäevade abil on võimalik kõigil audiitoritel määrata hoone energia säästumeetmete tõhusust. Ühtsete võrreldavate tulemuste saamiseks, peavad antud audiitorid kasutama identsest allikast saadud kraadpäevi, mis on keskmistatud pikal ajavahemikul kindlas piirkonnas. Varasemalt kasutati hoone soojustarbimise määramiseks kliimaandmeid, mis pärinesid enam kui 50- 60 aasta tagusest ajast. Praegusel hetkel kasutatakse viimase 30 aasta kliimaandmeid, et arvesse oleks ka võetud viimaste kümnendite andmed. Eestis on lihtsate kraadpäevade arvutuse aluseks tasakaalutemperatuur 17°C. Üks kraadpäev väljendab 1°C erinevust arvestusliku sisetemperatuuri ja välitemperatuuri vahel, kus mõlemad on arvestatud ühe ööpäeva keskmisena. Siseõhu temperatuur võetakse soovituslikust 21°C temperatuurist madalam, kuna osa soojusvajadusest kaetake inimkehade, elektriseadmete ja päikesekiirguse abil. Antud lisa soojust nimetatakse vabasoojuseks, vabasoojus kandub ruumiõhku ka ruumi ümbritsevatelt pindadelt. Vabasoojuse kandumine ruumiõhu toimub nii kaua, kuna tarindite temperatuur on kõrgem ruumi sisetemperatuurist. Samuti toimub vastupidine efekt, kui tarindid on külmemad, kui sisetemperatuur toimub soojuse neeldumine ning sisekliima temperatuur langeb. Suurim mõju vabasoojusele on päikese kiirgusel, mis mõjutab tarindites salvestunud soojuse hulka, mis omakorda mõjutab sisetemperatuuri.

Hoonete kütmine on Eestis rahaliselt kulukas, kuna kütteperioodid on külmad, ning tegemist on elanike jaoks suurima kommunaalkuluga. Lisaks ei aita sellele kaasa kõrged küttekoguste hinnad. Antud kulude kokkuvõtteks otsivad majaomanikud pidevalt võimalusi, kuidas vähendada kulusi. Hoonete energiatõhususe suurenemisel vähenevad küttekulud, kuid lisaks sellele on hoone energiatõhususe tõstmise tagajärjel võimalik tõsta hoone energiamärgise klassi, mille abil tõuseb ka hoone hinnatav väärtus [1][2].

## 2. Kaugküte



*Joonis 2.1 Kaugkütte eelisooleeritud torud [3]*

Kaugküte on süsteem, mida kasutatakse katlamajas toodetud soojuse laiali kandmiseks elamurajoonidesse, linnaosadesse. Elamutes kasutatakse kaugküttesoojust nii hoone kütmiseks, kui ka tarbevee

soojendamiseks. Soojus saadakse tavapäraselt katlamajast või koostootmisjaamast, mis toodab soojust ja elektrit põletades fossiil kütuseid. Järjest rohkem ehitatakse biokütusel töötavaid koostootmisjaamu. Sellegipoolest kasutatakse erinevaid võimalusi soojuse tootmiseks: geotermaalenergia, soojuspumbad, tuumaenergia ja päikesekollektor küte. Kaugküttejaam tagab parema efektiivsuse ja saastab keskkonda vähem, kui lokaalküte ning kohtküte, sest tavaliselt on sellistes tsentraalsetes katlamajades ja koostootmisjaamades põlemisrežiimid täpselt kontrolli all, paigaldatud filtrid suitsugaaside puhastamiseks. Peale tootmist antakse soojus tarbijale edasi isoleeritud torude võrgu abil. Kaugküttevõrk koosneb pealevoolu ja tagasivoolu torudest. Tavaliselt paigaldatakse torud maa alla, kuid on kasutusel ka süsteemid, kus kasutatakse maapealseid torusi. Vastavalt kaugkütte võrgustiku suurusele võidakse ka lisada kütte akumulatsiooni paake, mida kasutatakse suurima tarbimisega aegadel tipukoormuse ühtlustamiseks. Põhiliselt kasutatakse soojuse edasi andmiseks vett, kuigi suhteline soojuskadu ei ole parimaks võrgu efektiivsuse näitajaks sest see sõltub paljudest asjaoludest, kuid kasutatakse tihti sest seda on lihtne arvutada ja võrrelda. Soome ja Taani kaugküttevõrkude suhteliseks soojuskaoks hinnatakse 13% ja 24%. Neist numbritest võib järeldada, et Taanis kasutatakse kaugkütet ka suures mahus väikestes alevikes, kus on rohkem hajali asuvad kaugkütte tarbijad, mille tõttu soojuse suhteline kadu on kõrgem [4][5]. 2017 kevadel koostatud magistriltööst selgus, et 2015- 2016 koostatud Eesti arengukavade kaalutud keskmine suhteline kadu saadi 17,1%. Antud töö ei sisaldanud suurlinnu, nagu Tallinn, Tartu, Narva jt. Mainitud linnade lisamine arengukavasse oleks veelgi alandanud saadud tulemust [6]. Sellegipoolest peab täheldama, et kaugküte on efektiivne, keskkonnasõbralik ja tarbijale mugav ning soodne soojusvarustatuse viis. Antud juhul puudub vastutus tegelemiseks hoone soojusallika hooldamise, korrashoiu ja käidu, remondi, kütuse hankimise ning keskkonnanõuete täitmisega. Loomulikult on vajadus soojussõlme hooldusele, kuid seljuhul on

see oluliselt väikesema mahulisem ja kiirem. Kaugkütte puhul on võimalik ära kasutada suure süsteemi eeliseid ehk suure kaugküttesüsteemi puhul on võimalik eksploateerida odavamaid kütuseid. Odavate kütuste kasutamisel on samuti võimalik kaasata koostootmist, mis oma korda aitab hoida soojuse tootmise hinda võimalikult madalal.

### 3. Soojussõlm

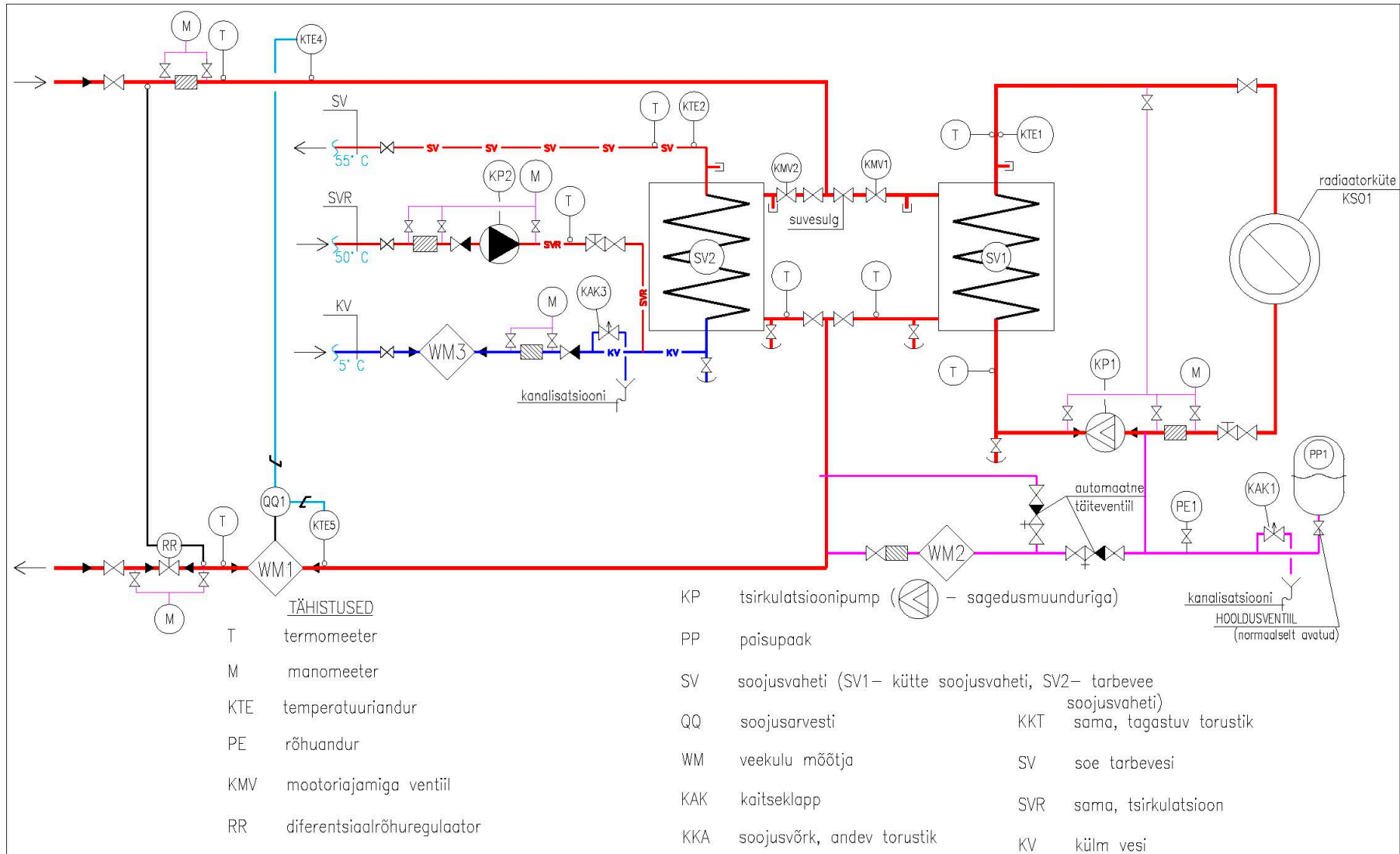
Hoonete küttesüsteemid on ühendatud kaugküttevõrguga soojussõlmede abil. Hoonete küttesüsteemide soojuskandjates peab kasutama soojusvõrgust erinevat temperatuuri ja rõhku. Soojussõlme abil muudetakse hoone kütte- ja ventilatsioonisüsteemile vajalikud parameetrid sobivaks.

Soojussõlmi on kasutusel mitut tüüpi, osad lahendused ja ühendusskeemid on iganenud ning vajavad väljavahetust. Üks iganenud lahendustest on vahetu ühendus. Vahetu ühenduse korral ei toimu küttesüsteemi tagasivoolu vee segamist pealevoolu veega ehk hoone süsteemi antava veetemperatuur on võrdne kaugküttevõrgust peale voolava vee temperatuuriga. Teine iganenud süsteem, mis töötati välja 1970. aastate lõpul toleaeegses TPI-s on jugapumbaga ühendus. Jugapumba ühendust nimetatakse elevaatoriga ühenduseks, mis funktsioneerib ainult siis, kui vabasurvekõrgus soojussõlme ühenduskohas soojusvõrguga on piisav pumba tööks ehk ca 10-15 meetrit veesammast. Veerõhk peab tagama vee ringluse küttesüsteemis ning optimaalseks rõhu vahemikuks, mida jugapump peab arendama on 10-15 kPa. Vastav rõhuvahemik on liialt väike tänapäevase küttesüsteemi jaoks ning tavalise jugapumba korral reguleerimise võimalus soojussõlmes puudub. Tänapäeval kasutatakse segamispumbaga ehk tsentrifugaalpumbaga ühendusi, mis tagavad eduka reguleerimise soojussõlmes. Vastav reguleerimine aitab vältida kõrgemate välistemperatuuride korral ülekütmist, kui soojusvõrgust pealevooluvee temperatuur on püsiv. Segamispumba korral kasutatakse ka tagasilöögiklappi, mis väldib lühiühendust pumba seiskumisel. Antud oht on tõenäoline ainult tagasilöögiklapi puudumisel ja reguleeriventiili avatud oleku korral. Tavapäraselt kasutatakse 2-tee ventiili, millega reguleeritakse vee läbivoolamise kogust, kuid väiksemates soojusvõrkudes on kasutusel 3-tee ventiile. Tänapäeval on kasutusel põhiliselt kaks ühendustüüpi. Üks nendest on sõltuv ühendus, kus hoone küttesüsteemis ringleb kaugkütte- või soojusallikast tulev vesi. Selleks, et taoline süsteem saaks toimida peab surve kõrgus tagasivoolu liinis olema 3 meetrit kõrgem, kui on küttesüsteemi kõrgus. Vastasel juhul, kui tagasivoolu rõhk on madalam küttesüsteemi staatilisest rõhust tuleb kasutada rõhuregulaatorit. Kõik uued kaugküttevõrgu ühendused, mis renoveeritavatel või ehitatavatel hoonetel paigaldatakse on sõltumatud ühendused (vt. joonis 3.1). Sõltumatu ühendus tähendab seda, et kaugkütte vesi ja hoone küttesüsteemi vesi ei segune. Kütte soojuse ülekande kaugküttevõrgust hoonevõrku toimub soojusvahetite abil. Antud süsteem on kulukam sõltuvast süsteemist, kuna on vaja lisaks osta soojusvahetid, paisupaak, küttesüsteemi täitesõlm ja muud vajalikud elemendid. Sellegipoolest sõltumatu ühenduse korral



suureneb nii kaugküttevõrgu, kui ka hooneküttesüsteemi töökindlus ja kasutegur. Kasutegur tõuseb seetõttu, et soojusvahetite abil saab ühte kaugküttevõrgu soojust kasutada mitmel viisil, näiteks: ventilatsiooni õhu kütmiseks, tarbevee kütmiseks ja küttesüsteemi kütmiseks. Paraku taoline kasutus eeldab, et igal süsteemil on oma soojusvaheti, mis viib küttesüsteemi kogu hinna kõrgeks. Joonisel 3.1 nähtaval soojussõlme skeemil on näha kahte soojusvahetit. SV1 ehk soojusvaheti nr. 1 abil edastatakse soojust radiaatoritesse ja SV2 ehk soojusvaheti nr. 2 abil edastatakse soojust kasutatavasse tarbevette.

Tarbijate soojuskandjad on erinevad, seetõttu on igale soojuskande süsteemile oma rõhk ja temperatuur. Soojussõlm jagatakse kahte ossa, primaar- ja sekundaarpool. Primaarpool on soojussõlme kaugküttevõrgu poolne osa, kus voolab kaugküttevõrgu vesi või millele avaldab selle rõhk mõju (vt. joonis 3.1, soojusvahetitest kaugküttevõrgu poole jääv torustik). Sekundaarpool pool on soojussõlme osa, kus voolab vesi, mis on soojusvahetis soojendatud primaarpoole poolt ning jääb segamissõlmest hoone küttesüsteemi poole. Sekundaarpool jaguneb omakorda kaheks, kütte pool ja tarbevee pool (vt. joonis 3.1 SV1 ja SV2). Kumbagi osa soojendatakse eraldi soojusvahetitega, kuna süsteemid vajavad erinevaid temperatuure. Tavapäraselt ringleb kaugküttevõrgus vesi temperatuuriga kuni 100°C (prim poole rõhk ei tohi kunagi olla üle 6 bar!) . Hoone soojussõlme jõudes vähendatakse temperatuur ja rõhk sobivaks vastavale süsteemile. Radiaatorkütte puhul on süsteemis kordades suurem veetemperatuur, kui tarbevee süsteemis. Radiaatorkütte temperatuuriks on tavaliselt kuni 75°C, kuigi osaliselt sõltub hoones olevast süsteemist, sooja tarbevee süsteemis on tavapäraselt 55°C. Antud temperatuure mõõdetakse soojusvahetist väljudes [1].



**Joonis 3.1 Soojussõlme skeem**

### **3.1.Soojussõlme automaatika**

Tänapäeval kasutatakse soojussõlme juhtimiseks juhtseadet või juhtkeskust, mis saab kõikidelt soojussõlme anduritelt infot. Juhtseade töötleb vastavat infot ning vajadusel korrigeerib erinevate pumpade ja ventiilide tööolekuid, et lõpptarbijal oleks eluruumides soovitud õhu- ja veetemperatuur. Soojusmõõtja kogub sisendist soojushulga kohta andmeid, mida omakorda saab jälgida teisest informatsiooni väljastavast seadmest. Vastav soojussõlme juhtseade juhib etteantud algoritmide ja küttekõverate abil soojuskulu, mille sisend informatsiooniks on temperatuuriandurite edastatud andmed, mis samuti on paigaldatud sisend ja väljund torule. Lisaks annab soojussõlme automaatikale lisa sisendi välistemperatuuriandur, mis aitab õue temperatuuri vähenedes juba kütmist alustada, mitte oodata hoone sisetemperatuuri langemist. Soojussõlme juhtimiseks on vaja lisaks kasutada erinevaid ventiile, regulaatoreid, termostaate. Akumulatsioonipaakide olemasolul on vaja jälgida vastavas paagis olevaid temperatuuri andureid, pealevoolu ja tagasivoolu temperatuuride jälgimine, paagi rõhu jälgimine. Iga lisa seadme või osaga, mis ühendatakse soojussõlme süsteemi kaasneb hulk andureid, ventiile ja tsirkulatsiooni pumpasi, mida juhitakse ning jälgitakse [7].

### **3.2.Soojussõlme ühilduvusprotokoll hooneautomaatikaga**

Soojussõlme juhtimiseks kasutatakse kahte viisi: ühel moel kasutatakse kogu soojussõlme juhtimiseks hooneautomaatika kontrollerit teisel moel paigaldatakse soojussõlm, kui komplektse seadmena ning kõik vajalikud signaalid kogub kokku juhtseade, mis omakorda on ühendatud hooneautomaatikaga andmeside abil. Andmesidena on võimalik kasutada erinevaid protokolle. Vastav protokoll tuleb kooskõlastada soojussõlme tarnijaga, kes peab tagama juhtseadme ühilduvuse hooneautomaatikaga. Tavapäraselt toimub ühildumine vastava valitud ühenduvusprotokolli lisamooduli abil.

### **3.3.Soojussõlme komponendid juhtimiseks**

Soojussõlme torustikus pumbatakse vett ringi ringluspumbaga (vt. joonis 3.1 pumbad KP1 ja KP2). Tavapäraselt on kasutusel tsentrifugaalpumbad, mis on monteeritud otse torustikule. Kasutatakse nii märgpumpasi, kui ka kuivpumpasi. Märgpumba elektrimootori rootor puutub kokku pumbatava keskkonnaga. Tavapäraselt on pump komplektse süsteemi osa, mida juhib soojussõlme automaatika. Sellegipoolest on võimalik märkimisväärne kogus energiat säästa õige pumba ja töörežiimi valikuga. Soojussõlmedes kasutatakse eelnevalt mainitud ringluspumpade ja muude soojussõlme osade juhtimiseks temperatuuri regulaatoreid.

Temperatuuri regulaatori ülesanne on küttesüsteemi töö juhtimine. Samuti kasutatakse temperatuuri regulaatorit ka soojustarbevee süsteemis vee temperatuuri hoidmiseks etteantud nivool. Uutes soojussõlmedes kasutatakse tavaliselt mitmekanalilist regulaatorit. Tavapärast on kasutusel kahte tüüpi kütteregulaatorit. Esimest kasutatakse soojussõlmest hoonesse mineva veetemperatuuri reguleerimiseks ning teist tüüpi kütteregulaatorit kasutatakse küttekehal, näiteks temperatuuri regulaator radiaatoril. Hoone keskse temperatuuri regulaatori ülesanne on reguleerida soojussõlmest hoonesse mineva vee temperatuuri reguleerimine vastavalt välistemperatuurile. Tavapärast täidavad soojussõlme temperatuuriregulaatori ülesandeid reguleeriventiil ja temperatuuriandur. Vastavaid reguleeriventiile seadistatakse arvestama kütte perioode ehk vähendada kütet öösel ja suurendada päeval, kui inimesed töölt tulevad, lisaks küttekõverate loomisel võetakse arvesse ka hoone soojusinertsust.



**Joonis 3.3.1 Temperatuuri regulaator radiaatoril [8]**

Temperatuuri regulaatorite komponentideks on andurid, regulaatorid ja ajamid. Andur on mõõteseade, mis mõõdab torus voolava vee temperatuuri, ruumi õhu temperatuuri või välisõhu temperatuuri. Välisõhu temperatuuriandur paigaldatakse tavaliselt hoone põhjapoolsele küljele vältimaks vale temperatuuri näidu mõõtmist päikese soojendamise tõttu. Regulaator võrdleb andurilt saadud andmeid etteantud seade väärtustega, kui on toimunud kõrvale kalle eelnevast seade väärtusest ehk ruumi sisetemperatuur langes 1°C võrra, kui radiaatoris ringleva veetemperatuur peab seetõttu tõusma 4°C võrra siis regulaator reageerib sellele ajami juhtimisega. Ajami juhtimise abil suunab regulaator torusse 4°C kõrgema temperatuuriga vee üritades tõsta ruumi õhutemperatuur 1°C võrra kõrgemale tagasi. Tähtis näitaja, mida tuleb ajami valikul jälgida on kiirus ja millist jõudu ta suudab ületada. Tavapärast kasutatavad ajamid on võimelised oma täisastendi muutust viima läbi 60- 90 sekundiga. Ajamit juhitakse 2-10V alalisvoolu pingega. Üldjuhtudel kasutatakse ajami mootori toitepingena 24V



**Joonis 3.3.2 Ruumi sisetemperatuuriandur [9]**



**Joonis 3.3.3 Välistemperatuuriandur [10]**

vahelduvvoolu. Ajamid valitakse, nagu eelnevalt mainitud jõu järgi ehk piisavalt võimsa süsteemi veesurve ületamiseks.

Lisaks temperatuuri regulaatoritele kasutatakse soojussõlmes ja kütte- ning jahutuskehade juures reguleerventiile. Kasutatakse lineaar- ja pöördventiile. ehk sirgjooneline ja pöörlev.



**Joonis 3.3.4**  
**Reguleerventiil ajamiga**  
**[11]**

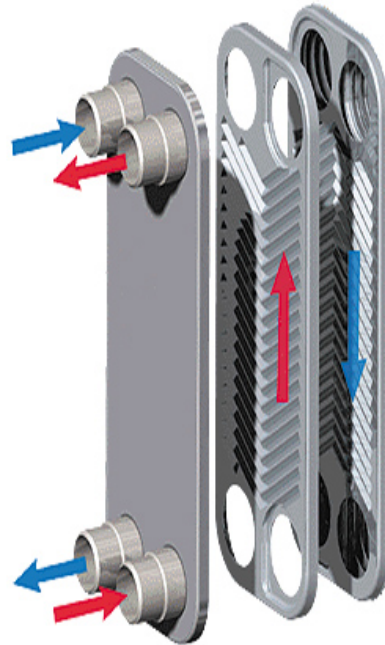
väljundkanalisse.

Soojussõlme hetke olukorrast arusaada, kasutatakse mõõteseadmeid, mis indikeerivad mõõdetud suurusi torus. Vastavate mõõteseadmete abil saab teada ka vee ja soojuse kulu. Temperatuuri mõõtmiseks kasutatakse termomeetreid, mida kasutatakse erinevatel torustikel, et kontrollida kas temperatuur on õiges vahemikus. Tavapäraselt on termomeetrid mõõtevahemikuga 0- 130°C mõõtetäpsusega +/-2°C või täpsemad. Rõhumõõtmiseks kasutatakse soojussõlmes manomeetrit, mis peab vastama täpsusklassile 2,5. Soojussõlme primaarpoolel kasutatavate manomeetrite mõõtevahemikuks on 0 – 1,6MPa, kus ühe jaotise väärtus peab olema 0,05MPa. Antud manomeetrid sageli ühendatakse, mitme toruga. Soojussõlmes mõõdetakse kuluarvestite abil vee- ja soojuse kogust. Veearvestid paigaldatakse hoonesse sisenevale torustikule, et mõõta küttesüsteemi ja tarbevee kasutatud kogust. Põhjalikuma analüüsi teostamiseks hoone kuluartiklite kohta paigaldatakse lisa arvestid ka teistesse soojussõlme osadesse. Tänapäevane soojussõlm varustatakse soojusarvestiga, mis koosneb temperatuurianduritest peale- ja tagasivoolu torustikul, veemõõturist ning integreerimisblokest, mis suudab kogu info kokku panna ja teisendada soojuskuluks.

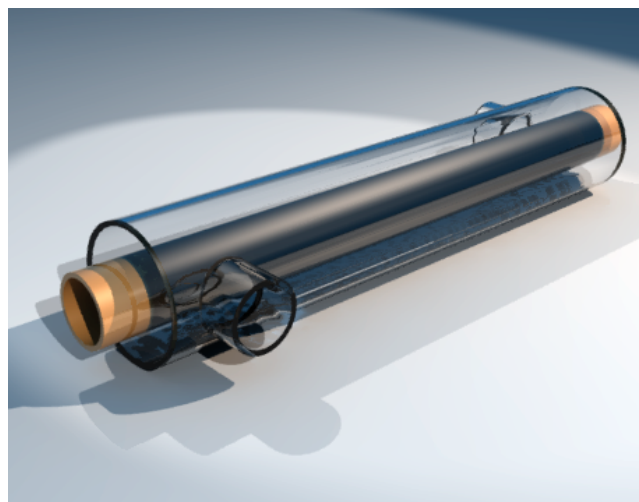
### 3.4.Soojusvahetid

Soojusvaheteid kasutatakse soojust kandmiseks tahke keha ja vedeliku vahel või kahe vedeliku vahel. Tahke keha ja vedeliku vaheline soojusvaheti – boiler, on peaaegu igas majapidamises, kus toimub soojust ülekandmine elektriliselt kütetavalt küttekehalt vedelikku. Kaugkütte puhul kasutatakse soojussõlmes kahe vedeliku vahelist soojusvahetit: plaatsoojusvaheti, mis jaguneb tihenditega ja joodetud soojusvahetiteks, toru torus soojusvaheti ning spiraaltoru soojusvaheti. Kõige rohkem kasutatakse tänapäeval soojussõlmedes joodetud plaatsoojusvaheteid. Plaatsoojusvahetis liiguvad erineva temperatuuriga vedelikud lähediku olevates kambrites. Vahelduvalt on kõrgema temperatuuriga kamber ja madalama temperatuuriga kamber, vedelikud omavahel ei segune ning toimub ainult soojustülekanne. Joodetud ja tihenditega soojusvahetite suurim erinevus seisneb selles, et tihenditega soojusvahetit saab korralise hoolduse käigus demonteerida, puhastada ning kulunud osad välja vahetada. Joodetud plaatsoojusvaheteid kasutatakse sageli ka kinnistes süsteemides, nagu jahutus ja külmutus, kus on väikesed jahutus kontuurid.

Toru- torus soojusvahetis kasutatakse, samuti nagu plaatsoojusvahetis, pindsoojusvahetust. Sellist lahendust hoonete kütte süsteemides üldjuhul ei kasutata. Antud lahendus leiab kasutust kanalisatsiooni jäätumise kaitses, erinevate kastmete ja püreede soojendamise ning jahutamise, piima, mahlade ja muude jookide jahutamise. Taoline disain sobib just



*Joonis 3.4.1 Plaatsoojusvaheti ja veeliikumise põhimõte [12]*



*Joonis 3.4.2 Toru- torus soojusvaheti [13]*

kanalisatsiooni ja toidu tööstusesse, kuna antud soojusvahetist võivad liikuda läbi tahked tükid kuni 50mm ilma ummistuste tekketa [14].

Spiraalsoojusvaheti ehk *circular heat exchanger*, milles on kaks spiraal kanalit. Mõlemad kanalid on suletud ega puutu omavahel kokku, mis väldib erinevate vedelike segunemise. Vedelike liikumissuund on vastupidine, mis tagab võimalikult ühtlase soojusülekande. Antud



***Joonis 3.4.3 Spiraaltoru soojusvaheti [15]***

disain võimaldab ühel vedelikult voolata loomuliku kiirusega ja teisel ettenähtud standardsel kiirusel. Kuna erinevad vedelikud omavahel kokku ei puutu on vastavad soojusvahetis võimalik kasutada palju erinevaid vedelike, mis võivad sisaldada osakesi, gaasi, samuti võib ühe vedelikuna kasutada reovett või kuuma auru. Spiraalsoojusvahetit on lihtne hooldada, kuna ühelt poolt on võimalik puhastada ühte kanalit ja teiselt poolt teist kanalit, mis väldib puhastuse käigus ühe kanali vedeliku kokkupuute teise kanali vedeliku või osakestega.

## **4. Korterelamute soojuse säästupotentsiaali analüüs**

### **4.1. Korterelamu nr. 2 Tallinnas**

Korterelamu nr. 2 asub Tallinnas Kesklinna linnaosas ja on ehitatud 1959 2 aastat tagasi renoveeriti hoone. Vahetati välja soojussõlm koos kogu automaatikaga, lisati akumulatsiooni paagid, ventilatsiooni soojustagastuseks Pilpit süsteem. Lisaks vahetati iganenud ühetorusüsteem kahetorusüsteemi vastu, uutele alumiinium radiaatoritele lisati ka juurde värskeõhuklapid. Hoone rekonstrueerimise käigus tõsteti ka maja katust ~1 meeter võrra, kaeti vana lamekatust puistevillaga ja ehitati uus viilkatus soojustagastite mahutamiseks katuse alla. Fassaadile lisati uus soojustuse kiht vastavalt tänapäevastele ehitusnõuetele ja vahetati aknad ning ukсед. Sisuliselt sai kogu hoone terviliku uuenduskuuri nii soojustuse, kui küttesüsteemi kujul. Lisaks aitavad uued Pilpit soojustagastuse lahendused hoida kokku kaugkütte kuludelt ning kasutada võimalikult efektiivselt otsetud soojust. Antud hoone kasutab soojussõlme juhtimiseks Ouman Oy seadmeid. Antud hoones toimub küttesüsteemi juhtimine hetkeliste väärtuste põhjal ehk ei üritada ennustada välistemperatuuri, vaid muudetakse kütte kogust vastavalt välistemperatuuri muutumisel.

### **4.2. Korterelamu nr. 2 mõõtmistulemused**

Antud süsteemi tõhususe analüüsiks tagati ligipääs ettevõtte Profener OÜ poolt, Ouman pilve keskkonda Ounet, hoone korterites mõõdetud temperatuuridele ning muudele mõõtetulemustele, mis on seotud soojussõlmega. Lisaks kasutan Keskkonnaagentuuri (KAUR) Harku ilmajaamas mõõdetud välistemperatuure. Antud hoone on rekonstrueeritud energiasäästu silmaspidades, mis eelkõige väljendub soojustagastite, kaasaegse soojussõlme, akumulatsiooni paakide ja korterites olevate uute alumiinium radiaatorite ning värskeõhuklappide näol. Graafikute koostamise käigus valisin ajavahemikul 01.11.2016–31.03.2017 kõige suuremad välistemperatuuri kõikumised. Suur välistemperatuuri kõikumine lühikesel ajavahemikul aitab välja tuua süsteemi puudusi nende olemasolul lihtsamini selgitada, mis lahendusi kasutades taolisteks ootamatusteks paremini ettevalmistuda. Mõõdistatud korteritest valisin võimalikult erinevates hoone osades asuvad elamispinnad. Mõõdistatud andmetest valisin kolm korterit. Korter 6 on nurga korter ja asub hoone 1. trepikojas, 2. korrusel ning suunaga kagu. Korter 22 on 2. trepikojas, 2. korrusel, maja keskel ning aknad suunaga



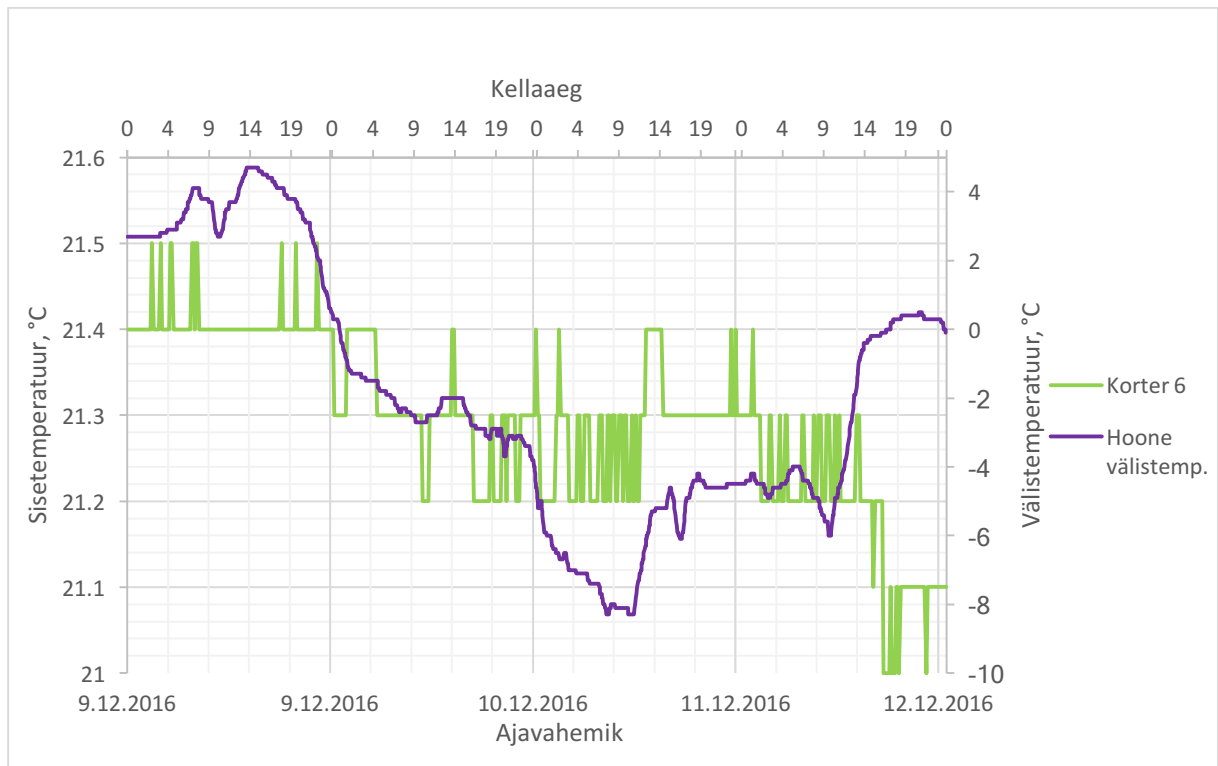
lõunasse. Korter 30 on korter 22 kohal samuti akendega lõunasse ja asub hoone keskel. Kõikide korterite sisetemperatuuriandurid asuvad elutoas seinal, kõrgusel 1,5 meetrit.

Igas korteris on kasutusel radiaatoritel reguleertermostaadid, mis on varustatud sisemise anduriga ja kaugjuhtimist ei võimalda. Sellegipoolest iga korteri elanik saab reguleerida igalt radiaatorilt vastavat soovivat temperatuuri, kuna termostaatventiilide abil tagatakse korterites minimaalne 18°C temperatuur. Lisaks on võimalik avada aken ja veelgi madalam temperatuur saavutada ruumides. 18°C temperatuur on ettenähtud selleks, et vältida olukorda, kus ühes korteris ei ela kedagi ning küte on väljalülitatud. Selle tulemusena antud korteri ümbruses olevad korterid peavad kasutama lisakütet, kuna siseseinad ei ole soojustatud nagu väissein.

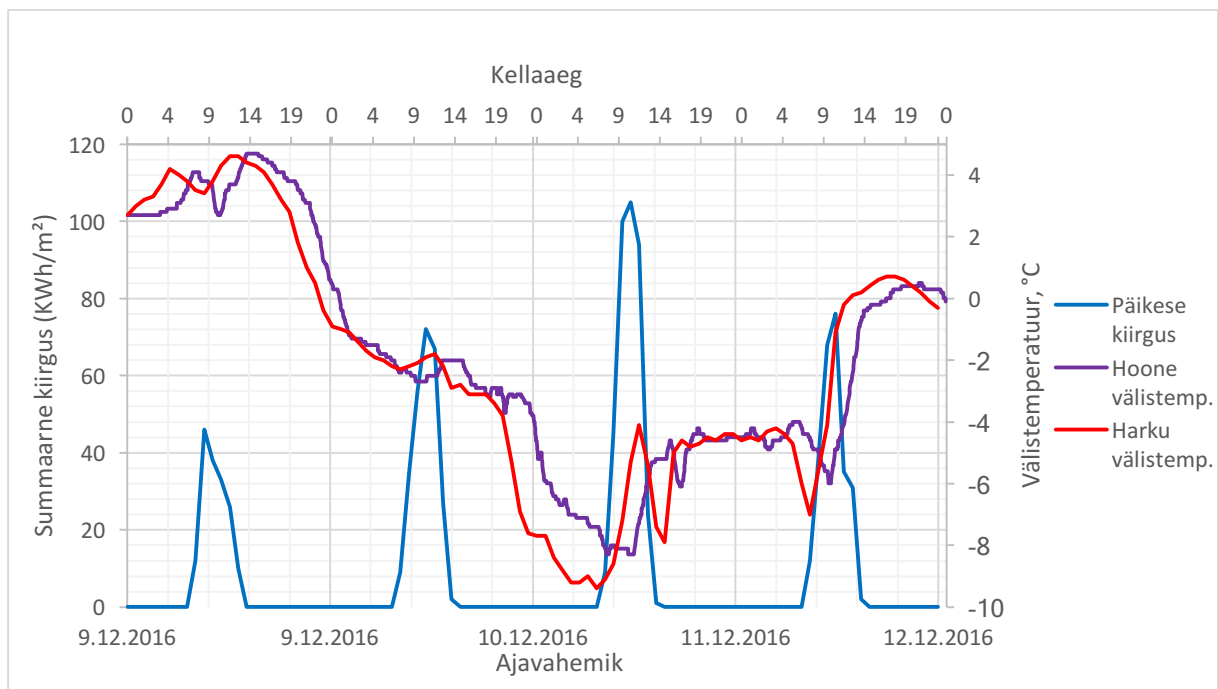
Kasutatud mõõtmistulemuste ajavahemikud:

- 09.12.2016 – 12.12.2016
- 01.01.2017 – 09.01.2017
- 05.02.2017 – 09.02.2017
- 21.02.2017 – 23.02.2017

### 4.3. Korterelamu nr. 2 mõõtmistulemused 09.12.2016 – 12.12.2016



**Joonis 4.3.1 Mõõdetud temperatuurid ajavahemikul 09.12.2016- 12.12.2016 korterelamu nr. 2 korteris nr. 6.**



**Joonis 4.3.2 Mõõdetud välisemperatuur ja päikese summaarne kiirgus Harku ilmajaamas ning hoone välisemperatuur ajavahemikul 09.12.2016- 12.12.2016.**

Jooniselt 4.3.1 on näha mõõdetud välistemperatuuri hoonele paigaldatud anduriga ja korter nr. 6 sisetemperatuuri mõõdistusi ajavahemikul 09.12.2016 – 12.12.2016. Jooniselt 4.3.2 on näha mõõdetud välistemperatuuri ja päikese summaarset kiirgust Harku ilmajaamast ning välistemperatuuri mõõdetuna hoone soojussõlme automaatikasse ühendatud välisõhu temperatuuriandurist. Välistemperatuuri mõõdetud andmed on väga sarnased ning graafikud liiguvad lähestiku. Sellegipoolest peab täheldama, et Harku ilmajaam talletab mõõdistusi iga tunni järel, kuid hoone välistemperatuuriandur edastab näidu kord minutis. Jooniselt on eristuv kuni  $\sim 2,2^{\circ}\text{C}$  temperatuuride vahe, mis on tingitud mõõdetud andmete asukohast. Kui Harku ilmajaama mõõtepunkt asub avatud alal, siis antud hoone asub tihedalt asustatud alal. Tihedalt asustatud alal on palju soojust eritavaid kehasi. Lisa erinevuse hoone ja ilmajaama anduri andmete erisuses loob anduri paigalduslik füüsiline asukoht. Ilmajaamas on andur paigaldatud spetsiaalselt nii, et saada parim reaalne temperatuuri näit ja hoone andur on paigaldatud ehitise välisseinale tavapäraselt kolme meetri kõrgusele. Taoline paigaldusviis on hoone haldajale kasumlikum, kuna antud juhul soojussõlme välistemperatuuriandur silub vastavad suurimad kiired kõikumised. Sellegipoolest tuleb arvesse võtta, et kasumlik on see ainult siis, kui järsule temperatuuri langusele järgneb ka järsk temperatuuri tõus. Välistemperatuuri jätkuval langemisel aga hakkab soojussõlm viivitusega suunama soojemat küttevett torustikku ning siseruumides toimub liigsuur temperatuuri langus. Liigsuur temperatuuri langus on hinnanguliselt  $1-3^{\circ}\text{C}$  vastavalt mugavusklassidele, millele vastav ehitise on ehitatud. Eluruumide mugavusklass A tähendab, et talvel on lubatud temperatuuri muutus ruumides  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  ja suvel  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  [16].

Jooniselt 4.3.1 ja lisa (vt. Lisa 1) asuvatelt joonistelt on eristuv korterite erinev seadistus mugavustemperatuurilt ja korterite asukohast hoones. Kõige suurem kõikumine öiste ja päevaste temperatuuride vahel on korteris 30, kus suurim muutus on  $1,1^{\circ}\text{C}$  (kõikumine vahemikus  $21-22,1^{\circ}\text{C}$ ). Kõige väiksem sisetemperatuuride muutumine antud ajavahemikus on korteris 6. Korter 6 sisetemperatuur on kõige stabiilsem vaid  $0,5^{\circ}\text{C}$  kõikumisega (vahemikus  $21-21,5^{\circ}\text{C}$ ). Korter 30 on korter 22 võrreldes stabiilsema sisetemperatuuriga, kuid suuremate ööpäevaste kõikumistega, kui korter 6. Korter 22 sisetemperatuuri kõikumine toimub vahemikus  $23,2-23,9^{\circ}\text{C}$ .

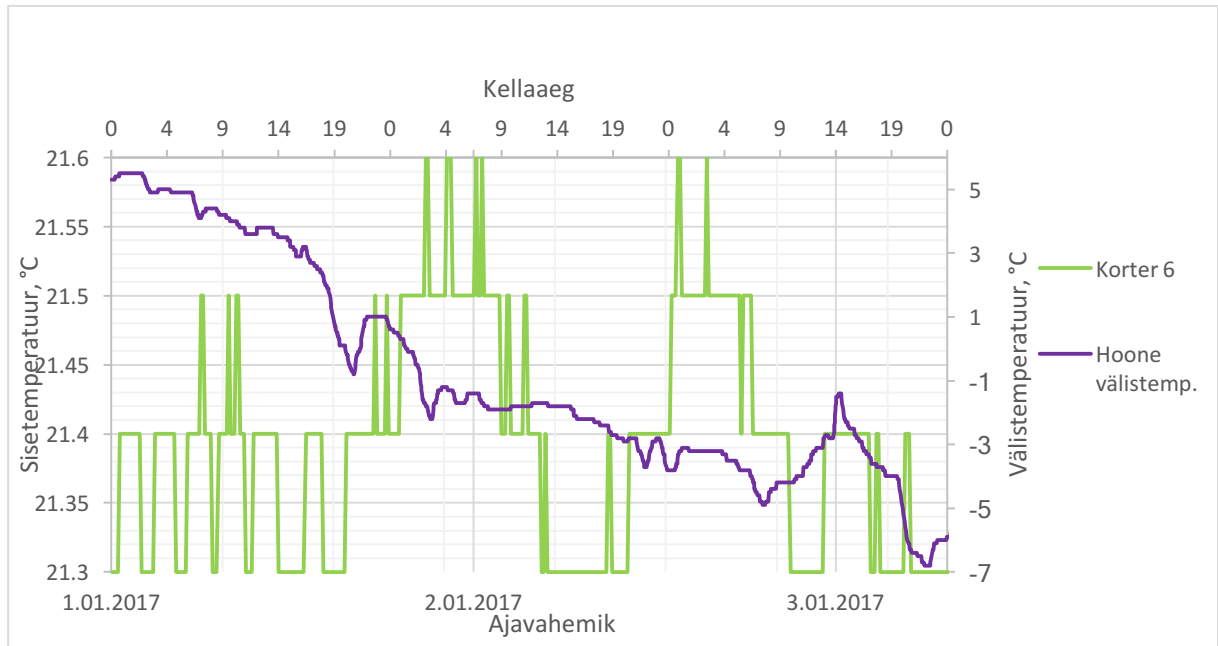
Välistemperatuuri järsul langemisel on kõikide korterite graafikult näha, kuidas eluruumides temperatuur langeb. Küttesüsteem alustab koheselt kompenseerimist ja mõne tunni möödudes, kui välistemperatuur jätkub sama kiiret langust, siis sisetemperatuur alustab stabiliseerumist.

Antud ajavahemikul algab esimene suur temperatuuri langus, mis kestab 48 tundi, 09.12.2017 orienteeruvalt kell 13:00. Korterites 30 ja 22 on koheselt märgatav temperatuuri muutus (vt. Lisa 1). Korterites toimunud sisetemperatuuri langus vastab mugavusklassile B- talvel  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ . Mugavusklassi piiridesse jäämine näitab küttesüsteemi vastavust nõuetele. Küttestorustik on dimensioneeritud võttes arvesse küttevajaduse järsu suurenemisega, tulenevalt väliskeskkonnast [16].

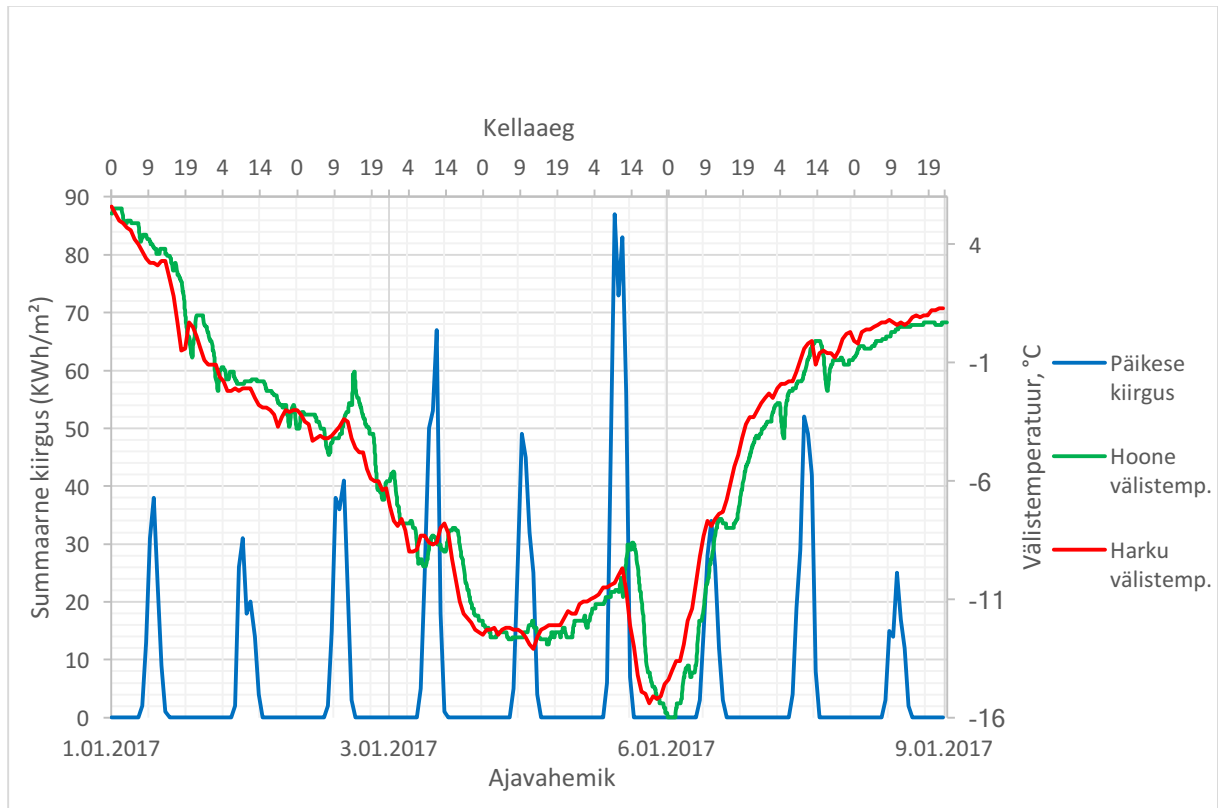
Valitud ajaperioodi lõpus on näha välistemperatuuri tõusu. Antud temperatuuri tõus algab 12.12.2016 kell 07:00 ja lõpeb 12.12.2016 kell 16:00. Antud vahemikul toimub välistemperatuuris muutus  $8^{\circ}\text{C}$  (temperatuuri vahemikul  $-7^{\circ}\text{C}$  kuni  $+1^{\circ}\text{C}$ ). Tavapäraselt ei ole antud temperatuuri muutus suur, kuid eelneval 24 tunnil oli välistemperatuuri kõikumine vaid  $4^{\circ}\text{C}$ . Välistemperatuuri tõustes on näha sarnasi muutusi korterites 22 ja 30. Jooniselt on näha, et kahes korteris toimus temperatuuri tõus, kuid korteri 6 sisetemperatuur oli stabiilne, kõikudes vaid  $0,1^{\circ}\text{C}$  võrra ning pigem langeb välistemperatuuri tõusu lõppedes. Korter 6 puhul on sisetemperatuuri langemine suure tõenäosusega põhjustatud inimlikust sekkumisest. Võimalusi on mitmeid, kuidas võidi korteri temperatuuri langetada- näiteks avati aken ning samuti reguleeriti kütteventiilid miinimum läbilaskvusega asendisse.

Jooniselt 4.3.2 on näha, kuidas päikesepaiste mõjutab kortereid (vt. lisaks Lisa 1 ja joonis 4.3.1), mille korterid on lõunapoolsel hoone küljel. Päevased sisetemperatuurid muutuvad korterites 22 ja 30 oluliselt rohkem, kuigi peab arvestama ka sellega, et kui välistemperatuur just samal ajal tunduvalt langeb, küttab küttesüsteem vastava välistemperatuuri kompenseerimiseks. Küttesüsteemi kütmisel ja päikse paiste abil tekib tihti korterites ülekütmine. Antud juhul päike ei mõjuta nii palju, kuna detsembri kuus on päikese intensiivsus madal. Päevane päikese intensiivsus veebruari kuuga võrreldes on kuni viis korda madalam (vt. joonis 4.5.2).

#### 4.4. Korterelamu nr. 2 mõõtmistulemused 01.01.2017 – 09.01.2017



**Joonis 4.4.1** Mõõdetud temperatuurid ajavahemikul 01.01.2017- 03.01.2017 korterelamu nr. 2 korteris nr. 6.



**Joonis 4.4.2** Mõõdetud välisemperatuur ja päikese summaarne kiirgus Harku ilmajaamas ning hoone välisemperatuur ajavahemikul 01.01.2017- 09.01.2017.

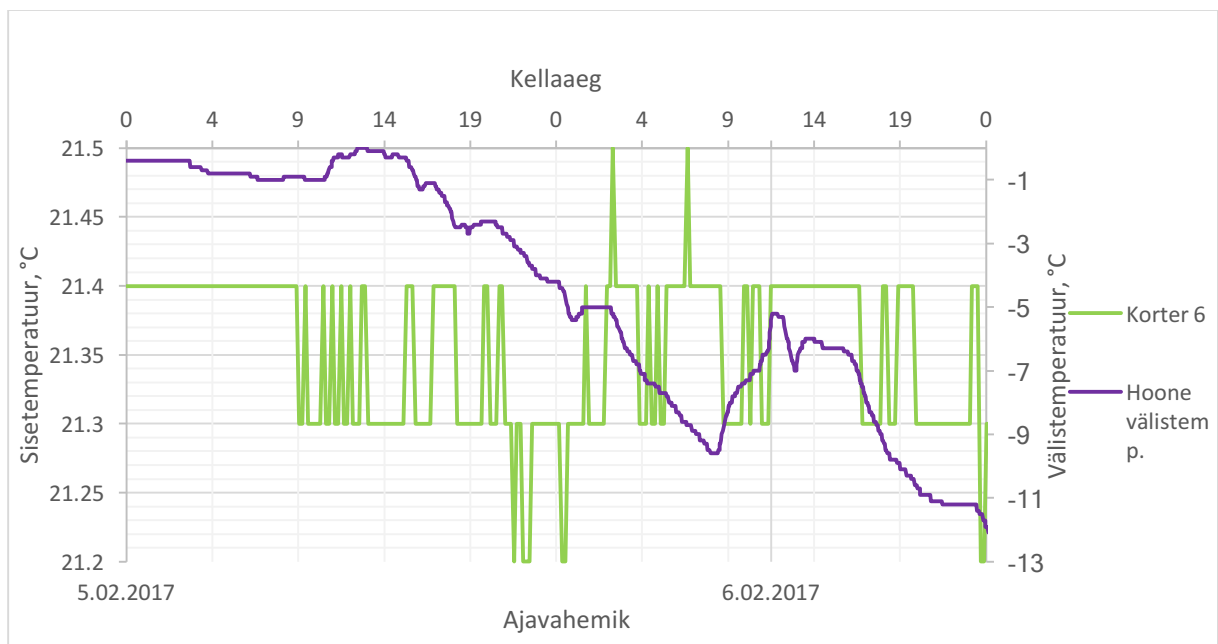
Jooniselt 4.4.1 on näha mõõdetud korter nr. 6 sisetemperatuuri ja hoonel mõõdetud välistemperatuuri ajavahemikul 01.01.2017 – 03.01.2017. Antud ajalise perioodi alguses toimub koheselt mitme päevane välistemperatuuri langus (temperatuuri langus toimub vahemikus  $+5,6^{\circ}\text{C}$  kuni  $-16^{\circ}\text{C}$ ). Välistemperatuuri langemisel alla  $0^{\circ}\text{C}$  on näha jooniselt (vt. Lisa 1), kuidas korteri 30 sisetemperatuur liigub korrelatsioonis välistemperatuuriga ja kukub mitu kraadi kahe päeva jooksul. Selgelt täheldatav on ka sisetemperatuuri tõus antud korteris, kui välistemperatuuris toimub selge järsk tõus päevasel ajal. Taoline graafikute liikumine näitab, kui mõjutatud on lõuna poolsete akendega korterid. Samuti on samal ajal näha ka korter 22 sisetemperatuuri tõus vastavalt välistemperatuurile. Korteri 22 ei toimu võrreldes korter 30 taolist sisetemperatuuri langust üheselt välistemperatuurile (vt. Lisa 1), kuid välistemperatuuri muutudes muutuvad kõikide korterite keskmised temperatuurid mõne kümnendik kraadi võrra. Kogu perioodil 01.01.2017 – 09.01.2017 toimunud välistemperatuuri muutuste käigus on näha korter 6 sisetemperatuuri muutust sarnaselt välistemperatuurile (vt. joonis 4.4.1 ja Lisa 1). Välistemperatuuri langedes mitu päeva järjest on näha ka korter 6 sisetemperatuuri langust ja samuti sisetemperatuuri tõusu välistemperatuuri tõustes. Antud sisetemperatuuri kõikumine üheksa päeva jooksul jääb vaid  $0,8^{\circ}\text{C}$  vahemikku ( $20,8^{\circ}\text{C}$  kuni  $21,6^{\circ}\text{C}$ ) ja ööpäevased kõikumised veelgi väiksemasse vahemikku. Joonistelt 4.4.1 ja 4.3.1 ning Lisa 1 joonistelt saab juba järeldada, et korter 6 sisetemperatuuri reguleerides on raske saada rahalist säästu küttearvetelt, kuigi on võimalus viia sisetemperatuur madalamale tasemele ning see-läbi saavutada sääst. Kuid antud viisi kasutades tuleb arvestada inimeste mugavustemperatuuriga, kuna osad inimesed soovivad madalamat sisetemperatuuri ja teised kõrgemat. Korteri 6 elanike nõusolekul oleks võimalik vastav sääst saavutada, kuid see oleks vaid marginaalne kogu hoone küttevajadusest.

Korteri 22 puhul toimub sisetemperatuuri kõikumine vahemikul  $22,7^{\circ}\text{C}$  ja  $24^{\circ}\text{C}$ . Korteri 30 kõigub sisetemperatuur vahemikus  $18,7^{\circ}\text{C}$  ja  $21,8^{\circ}\text{C}$ . Korteri 30 puhul võib olla tegemist anduri mõõteveaga, kuna jooniselt (vt. Lisa 1) jääb selgusetuks, kas on tegemine reaalse mõõdetud näiduga või mitte. Korteri 22 puhul on näha, et küttesäästult on võimalik säästa märkimisväärne hulk.

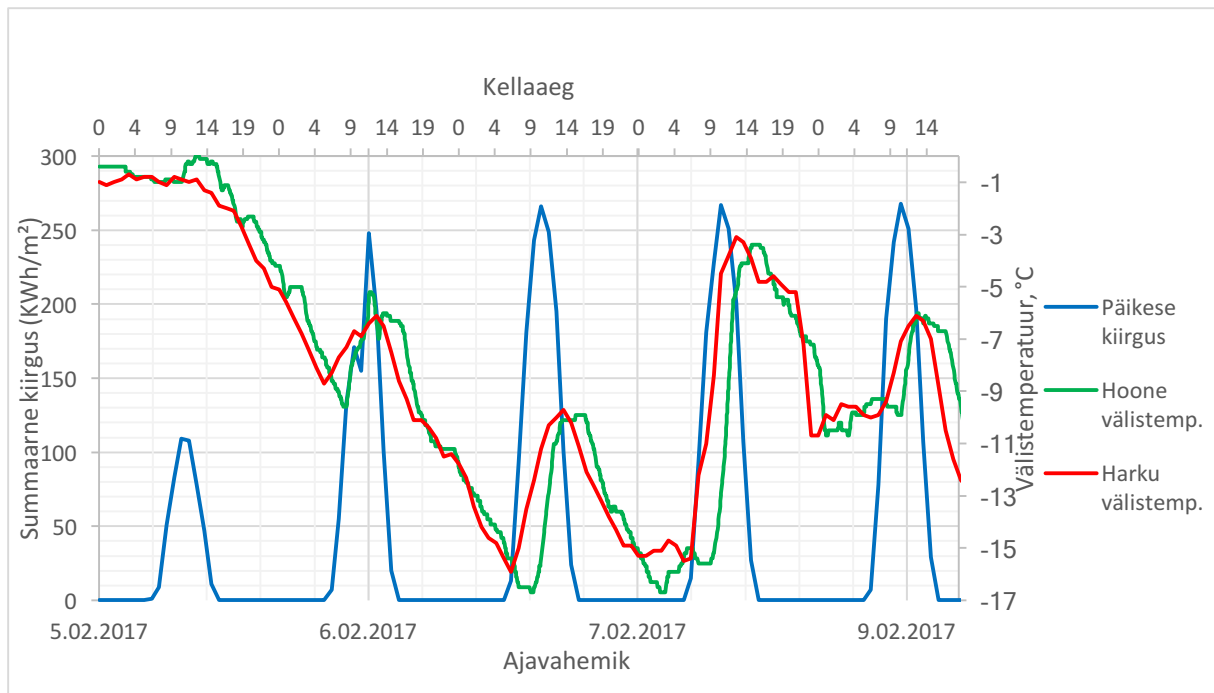
Välistemperatuuri graafikult (vt. joonis 4.4.2) on iga päeva kohta eristatav temperatuuri järsk tõus ajal, mil päikese kiirgus on kõrgemal tasemel. Antud perioodi kõrgeim päikese summaarne kiirgus oli 06.01.2017 kell 10:00 hommikul. Peale maksimum kiirgustaseme saavutamist, oli päikese intensiivsus sarnasel tasemel veel kaks tundi. Välistemperatuuri

graafikult vaadates 06.01.2017 10:00 – 12:00 ajavahemikult on näha (vt. Lisa 1), et päikese intensiivsuse tõustes tõusis ka välistemperatuur. Kuna antud kõrgeim päikese intensiivsus mõõdeti ajavahemikul, millele eelnevalt toimus välistemperatuuri langus, siis kõrge päikese kiirguse ajal temperatuur tõusis, kuid ajutiselt. Päikese summaarse kiirguse langemisel langes välistemperatuur samuti. Järgmisel päeval algas välistemperatuuri tõus ja päikese kiirguse tõustes kiirenes sarnaselt ka välistemperatuuri tõus. Kuna päikese kiirgus mõjutab välistemperatuurile lisaks ka hoone sisetemperatuuri, siis kiirguse kõrgeimatel hetkedel on joonistelt (vt. joonis 4.4.1 ja Lisa 1 joonistelt) näha ka korterite sisetemperatuuride tõusu.

#### 4.5. Korterelamu nr. 2 mõõtmistulemused 05.02.2017 – 09.02.2017



**Joonis 4.5.1 Mõõdetud temperatuurid ajavahemikul 05.02.2017- 06.02.2017 korterelamu nr. 2 korteris nr. 6.**



**Joonis 4.5.2 Mõõdetud välis temperatuur ja päikese summaarne kiirgus Harku ilmajaamas ning hoone välis temperatuur ajavahemikul 05.02.2017- 09.02.2017.**

Jooniselt 4.5.1 on näha mõõdetud korter nr. 6 sisetemperatuuri ja hoonel mõõdetud välis temperatuuri ajavahemikul 05.02.2017– 06.02.2017. Esimene märkimisväärne välis temperatuuri langemine algab 05.02.2017 ~kell 14:00, mis lõppeb orienteeruvalt 06.02.2017 ~kell 10:00. Antud languse käigus välis temperatuur langeb 0°C lähistelt ~9,7°C lähistele. Mainitud perioodil muutub sisetemperatuuridest enim korter 30 sisetemperatuur (vt. Lisa 1). Eelnevatel joonistel toimus samuti suurimad muutused korter 30 sisetemperatuur (vt joonistel 4.3.1, 4.4.1 ja Lisa 1). Korteri 30 sisetemperatuur muutub antud perioodil 2,5°C (vahemikus 17,1°C kuni 19,9°C). Korteri 22 mõõdetud temperatuur (vt. Lisa 1) muutub antud vahemikus kõigest 0,5°C (muutus toimub temperatuurilises vahemikus 23,2°C ja 24°C) ning korteri 6 sisetemperatuuri suurim muutus vaid 0,3°C (21,2°C ja 21,5°C vahel), mis näitab selgelt sarnast temperatuuride kõikumisi joonistega 4.3.1 ja 4.4.1. Antud temperatuuri langemise ajavahemikul on näha ka korteri 22'lt, kuidas väiksemgi peatus välis temperatuuri langemise lõppemises tõstab sarnaselt sisetemperatuuri. Vähesel määral on taoline nähtus täheldatav korteri 30 graafikul. Korteri 22 graafikul väljendub hetkeline välis temperatuuri tõus, langus perioodil, sisetemperatuuri languse lõppemisega. Korteri 30 joonise põhjal (vt. Lisa 1) saab teha sarnased järeldused nagu korteri nr. 22 puhul. Taoline välis temperatuuri muutus korteri 6 graafikul kajastub 0,2°C temperatuuri muutusega, mis ei pruugi olla tingitud välis temperatuurist.

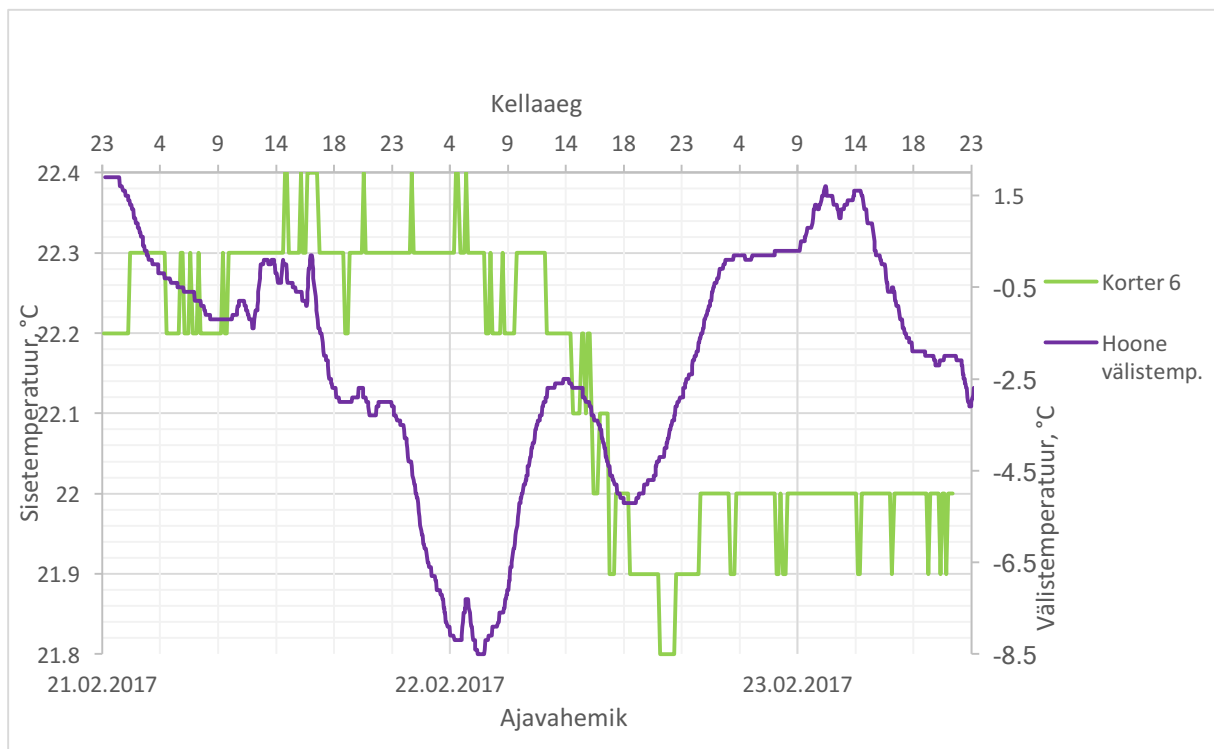


Järgmine suurem välistemperatuuri muutus toimub ajavahemikul alates 06.02.2017 ~kell 12:00 ja lõppeb 07.02.2017 ~kell 10:00 (vt. joonis 4.5.1 ja Lisa 1). Antud vahemikul välistemperatuur langeb ~11°C, mille käigus kõige rohkem muutub sarnaselt eelnevatele ajavahemikele korter 30 sisetemperatuur. Korter 30 sisetemperatuur muutub 1,9°C. Korter 22 ei toimu taolist järjepidevat temperatuuri langust, nagu korter 30, kuid antud vahemikul kõigub sisetemperatuur 0,5°C võrra. Korter 6 sisetemperatuur muutub kõigest 0,2°C võrra. Korter 22 ja 30 sisetemperatuure võrreldes on näha, et korter 22 reageerib oluliselt kiiremini välistemperatuuri muutustele ja sisetemperatuur ei jõua oluliselt langeda. Korter 30 sisetemperatuur see- eest jõuab langeda peaaegu 1°C võrra enne, kui kütte abil taas tõstetakse temperatuuri. Taolised erinevused korterite temperatuuride muutustes näitab, et hoone küttesüsteem on tasakaalust väljas või osadel korteritel, näiteks korter 30, on koguaeg aken avatud. Tasakaalustatud küttesüsteemi puhul, ei tohiks korterite temperatuuride kõikumine oluliselt erineda, kuid sellegipoolest toob päikese intensiivsus ja akende lahtihoidmisaeg olulise erinevuse andmetesse.

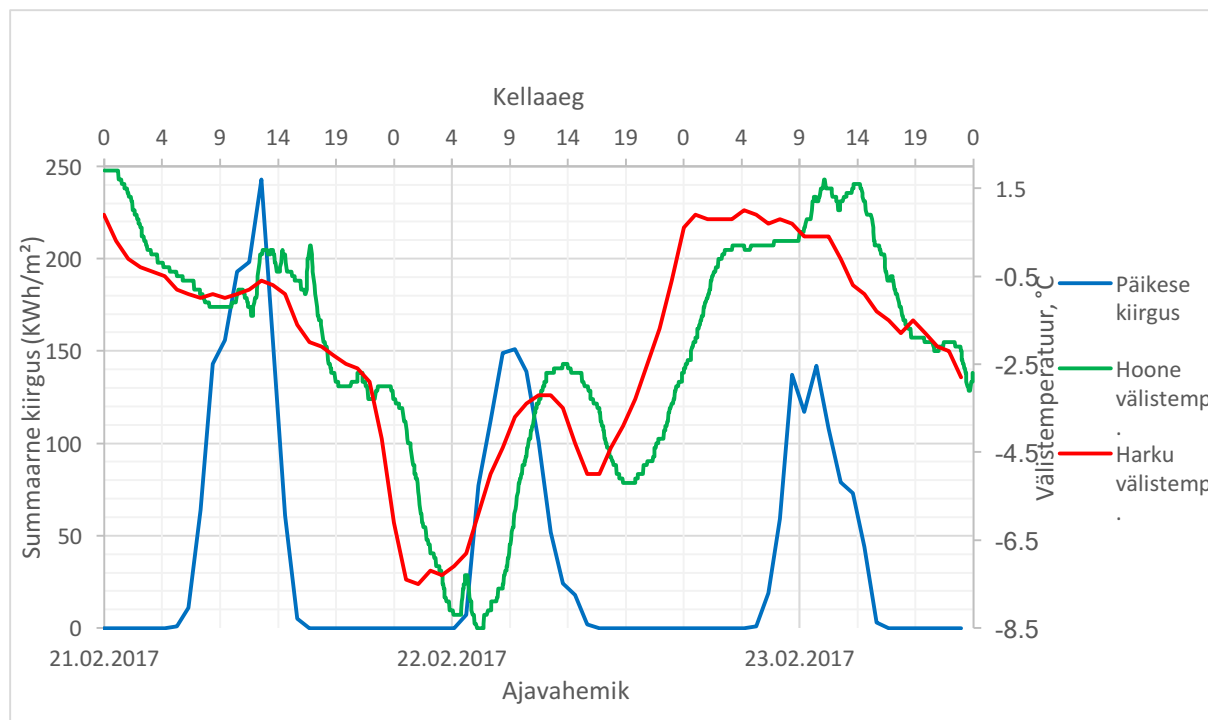
Järgnev temperatuuri muutus joonisel algab 07.02.2017 ~kell 10:00 hommikul ja lõppeb ~kell 16:00 pärastlõunal. Antud juhul ei toimu temperatuuri langus vaid järsk temperatuuri tõus. Kuue tunni jooksul toimub välistemperatuuris ~7°C muutus, mis selgelt väljendub kõikide korterite sisetemperatuurides. Korter 6, kus mitmel välistemperatuuri langusel toimusid minimaalsed muutused sisekeskkonnas, siis antud juhul toimub 0,6°C temperatuuri tõus. Varasematel valitud ajavahemikel, kui toimus ~10°C temperatuuri muutus väliskeskkonnas, siis korter 6 sisetemperatuur muutus vaid ~0,3°C (vt. joonis 4.5.1 vahemik 05.02.2017 ~kell 12:00 kuni 06.02.2017 ~kell 08:00). Viimasel valitud ajavahemikul toimub korter 30 ja 22 temperatuuri muutus vastavalt 1,8°C ning 0,4°C. Jooniselt 4.5.2 on näha, kuidas 05.02.2017 alanud välistemperatuuri langus peatub järgmise päeva 06.02.2017 hommikul kell 06:00, kui päikese summaarne kiirgus hakkab tõusma. Kuni kiirguse maksimaalse taseme saavutamiseni tõuseb ka välistemperatuur, ning kiirguse kadumisel päikese loojumisel alustab ka välistemperatuur järgmist langust. Päikese kiirguse maksimaalsel tasemel 06.02.2017 kell 12:00 on näha ka korterite 22 ja 30 sisetemperatuuride tõusu, kuna antud korterite aknad on suunatud lõunasse. Korter 6 sisetemperatuur ei ole päikesest nii palju mõjutatud, kuna antud korteri aknad on suunaga kagusse. Sarnased temperatuuride muutused korrelatsioonis päikese summaarse kiirgusega on täheldatav ka teistesse ajavahemikesse jäävatel päevadel korteris 22 ja korteris 30 (vt. Lisa 1). Viimasel kolmel päeval viiest, mis ajavahemikul näidatud, tõuseb ka korter 6 sisetemperatuur korrelatsiooni päikese kiirgusega. Antud temperatuuri tõusud on

tingitud tugevamast päikese intensiivsus tasemest, kui varasematel päevadel. Antud jooniste põhjal (vt. joonised 4.5.1, 4.5.2 ja Lisa 1) saab järeldada, et nii korterite sisetemperatuurid, kui ka väliskeskkonna temperatuur on mõjutatud päikese summaarsest kiirgusest. Lõuna poolsete akendega korterid on päikesest rohkem mõjutatud, kui teised ning tänu sellele toimub suurem sisetemperatuuriline kõikumine.

#### 4.6. Korterelamu nr. 2 mõõtmistulemused 21.02.2017 – 23.02.2017



**Joonis 4.6.1 Mõõdetud temperatuurid ajavahemikul 21.02.2017- 23.02.2017 korterelamu nr. 2 korteris nr. 6.**



**Joonis 4.6.2 Mõõdetud välistemperatuur ja päikese summaarne kiirgus Harku ilmajaamas ning hoone välistemperatuur ajavahemikul 21.02.2017- 23.02.2017.**

Jooniselt 4.6.1 on näha mõõdetud sisetemperatuuri korter nr. 6 ja hoonel mõõdetud välistemperatuuri ajavahemikul 21.02.2017 – 23.02.2017. Antud ajavahemiku joonised korter 22 ja 30 kohta on nähtavad lisast 1. Joonisel nähtav ajavahemik on valitu ajavahemikest kõige lühem, kuid näitab sarnaseid temperatuuride muutusi nagu eelnevatel joonistel (vt. joonis 4.3.1, 4.4.1 ja 4.5.1 ning Lisa 1). Välistemperatuuride erinevused, nagu ka eelmistes peatükkides on kergelt eristuvad. Samuti on antud joonisetelt selgelt nähtav, et Harku ilmajaam salvestab andmeid tunnis korra, kuid hoone välistemperatuuriandur minutis korra. Sarnaselt eelnevatele joonistele on ka siit nähtav, et hoone temperatuurianduri juures mõõdetavad temperatuurid alustavad sarnast liikumist ~3-4 tundi hiljem, kui Harku ilmajaamas.

Esimene suurem välistemperatuuri langus algab 21.02.2017 ~17:00 ja lõpeb 22.02.2017 ~06:00. Antud vahemikus langes välistemperatuur ~9°C. Korter 30 sisetemperatuuri valitud ajavahemikul kahjuks kasutada ei saa, kuna mõõdetud temperatuuri tase on elamiskõlblikust madalama. Antud näidu on põhjustanud suuretõenaosusega anduri ajutine rike või hoiti elanike poolt kolm päeva aknad lahti, mis on vähe tõenäoline. Korter 22 ja korter 6 sisetemperatuurid sellegipoolest muutusid sarnaselt, kuna korter nr. 30 sisetemperatuuri graafik liikus sarnaselt välistemperatuurile. Korter 22 temperatuur antud vahemikul 21.02.2017 ~16:00 kuni 22.02.2017 ~07:00 muutus 0,6°C ja korter 6 0,2°C.

Joonisel 4.6.1 toimub ka järsk välistemperatuuri tõus, mis kajastub joonisel  $10^{\circ}\text{C}$  muutusega. Antud temperatuuri muutus toimub ajavahemikul 22.02.2017 ~07:00 kuni 23.02.2017 ~12:00. 22.02.2017 kell ~14:00 peatub temperatuuri tõus ja toimub  $2,7^{\circ}\text{C}$  langus ~5 tunni jooksul, kuid peale seda jätkub tõus. Jooniselt (vt. lisa 1) on näha, kui väga on mõjutatud korter 30 sisetemperatuur välistemperatuurist, sest antud temperatuuri muutuse käigus tõuseb korteri temperatuur  $2,8^{\circ}\text{C}$  (muutus toimub  $14,6^{\circ}\text{C}$  ja  $17,4^{\circ}\text{C}$  vahemikus). Samuti on jooniselt 4.6.1 ja lisast 1 näha, et korter 22 ja korter 6 ei ole temperatuurist väliskeskkonnas nii palju mõjutatud. Korteri 6 sisetemperatuur muutub kõigest  $\sim 0,3^{\circ}\text{C}$ , kui just välistemperatuuri lühiajalisel langemisel toimub kõige kiiremad muutused. Korteri 22 sisetemperatuur muutub  $\sim 0,8^{\circ}\text{C}$  (vahemikus  $23,4^{\circ}\text{C}$  kuni  $24,2^{\circ}\text{C}$ ), kus samuti kõige kiiremad muutused toimuvad väliskeskkonna jahenemisel. Antud tulemus näitab, kui palju on mõjutatud korter 22 sisetemperatuur välistemperatuurist.

Jooniselt 4.6.1 ja joonis 4.6.2 ning Lisa 1 joonistelt on näha sarnaselt eelnevatele joonistele, et kõrgema päikese summaarse kiirguse puhul on korterite sisetemperatuurid ja välistemperatuur oluliselt rohkem mõjutatud. Päike soojendab välisõhku, välispindu ja läbi akende korterite sisetemperatuure. Madalama päikese intensiivsusega aegadel, on korterite sisetemperatuurid, välistemperatuurist vähem mõjutatud. Sellegipoolest on näha (vt. joonis 4.6.1, 4.6.2 ja Lisa 1), et välistemperatuuri ja kõrge päikese summaarse kiirguse koosmõjul tõuseb korterite sisetemperatuur tava tasemest kõrgemale, kuna hoone kütmisel ei ole hooneautomaatikal sisendandmeid hetke ja tulevase päikese kiirguse kohta.

#### **4.7. Kortereid nr. 2 mõõtmistulemuste kokkuvõte**

Korteri sisetemperatuuri mõõdetud sisetemperatuuri joonistelt on näha, kui palju on eluruumid mõjutatud välistemperatuuri muutustest. Tulenevalt välistemperatuuri järskudest muutustest kõikides korterite sisetemperatuurid kuni  $\sim 3^{\circ}\text{C}$ . Kõige suuremad kõikumised toimusid korteriga nr. 30, mis oli olenemata välistemperatuuri muutustest liialt suur. Korteri 30 puhul täheldasin, et veebruari kuus mõõdetud sisetemperatuurid oli mitu kraadi alla nõutava  $21^{\circ}\text{C}$ . Teiste korterite puhul taolisi nähtusi ei täheldanud, mis omakorda näitab, et hoone küttesüsteem on halvasti tasakaalustatud, kuna juhtimine toimub tsentraalselt ja mitte korteri põhiselt. Korteri nr. 22 puhul jäi sisetemperatuuri dünaamika vahemikku  $22,7^{\circ}\text{C}$  ja  $24^{\circ}\text{C}$ . Antud vahemik näitab, et sisetemperatuur ei langenud alla soovituslikku  $21^{\circ}\text{C}$  piiri, kuid temperatuuri maksimum väärtus oli liialt kõrge. Korteri nr. 6 puhul jäi sisetemperatuuri kõikumine vahemikku  $20,8^{\circ}\text{C}$  ja  $21,6^{\circ}\text{C}$ .

Sisetemperatuuri dünaamika muutus vaid  $0,8^{\circ}\text{C}$ , mis on vastavalt sisekliima standardile ideaali lähedane.

Sarnaselt välistemperatuurile on korterid mõjutatud ka päikese kiirgusest. Kõige rohkem on päikese summaarsest kiirgusest mõjutatud lõunapoolsete akendega eluruumid, kus sisetemperatuur muutub kütte ja päikese koosmõjul. Korteri nr. 30 oli antud nähtus selgelt eristatav. Sisetemperatuuri dünaamika oli väga suures vahemikus ja päikese summaarse kiirguse ning välistemperatuuri tõustes täheldasin kiireid muutuseid korter nr. 30 sisetemperatuuris (vt. lisa 1). Vastavad muutused toimusid 7 tunni jooksul ning sisetemperatuuris toimus  $\sim 3^{\circ}\text{C}$ .

#### **4.8.Korterelamu nr. 3 Tallinnas**

Korterelamu nr. 3 asub Tallinnas Lasnamäe linnaosas ja on uus maja, mille kasutusluba saadi 2012 aastal. Tegemist on väikese korterelamuga, mis on kolme korruseline ning projekteeriti 13 korteriga majaks, kuid üks korter ehitati ümber ja ametlikult on 12 korteriga hoone. Hoonet kõetakse kaugküttest, mille abil soojendatakse ka tarbevett. Lisaks paigaldatud soojussõlmele on väljaehitatud hoonel ka ventilatsiooni soojustagastus, mis lahendati sarnaselt korterelamu nr. 2'le (vt. peatükk 4). Samuti sarnaselt korterelamu nr. 2 paigaldati ka antud hoonesse värskeõhuklapid, millest tulev õhk suunatakse läbi kütteradiaatorite. Sarnaselt eelnevale korterelamule on kasutatakse ka antud hoones soojussõlme juhtimiseks Ouman Oy seadmeid ning küttesüsteemi juhtimine toimub hetkeliste mõõdetud väärtuste põhjal. Hoonele paigaldatud välistemperatuuri andur on paigaldatud 1. ja 2. korruse vahele hoone põhjapoolsele küljele. Sisetemperatuuri andur on paigaldatud hoone keskel asuva korteri elutoas 0,5 meetri kõrgusel põrandast. Korteri aknad on suunatud lõuna ilmakaarde.

#### **4.9.Korterelamu nr. 3 mõõtmistulemused**

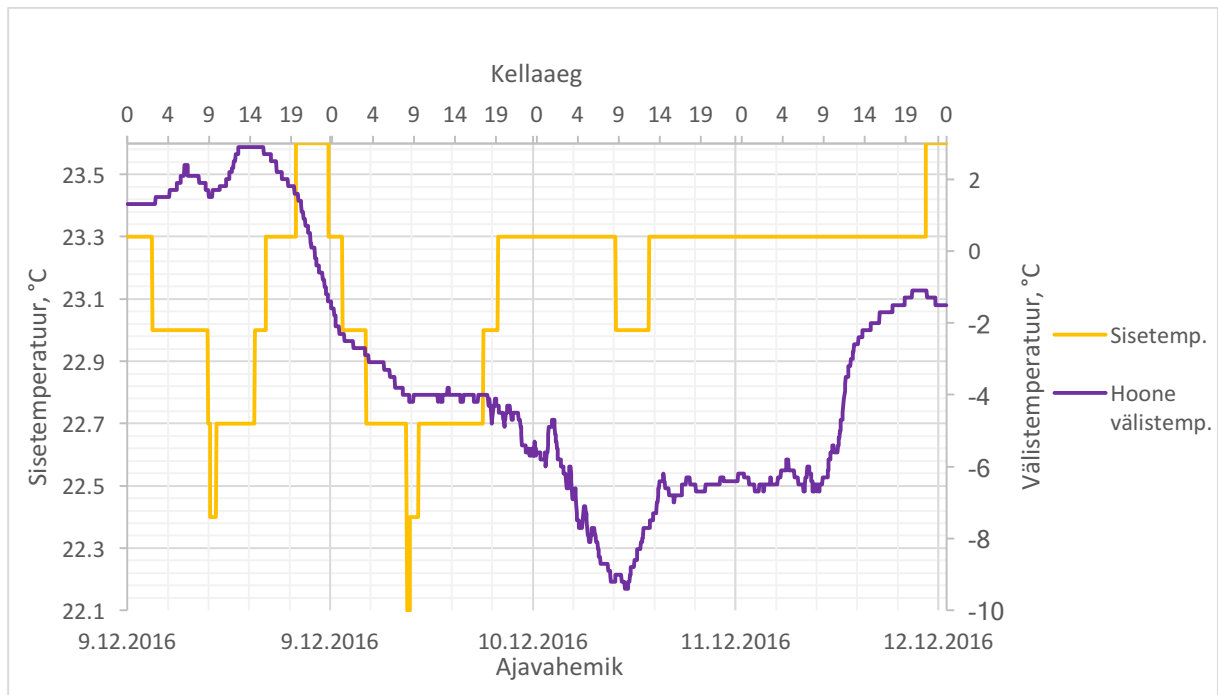
Antud süsteemi tõhususe analüüsiks tagati ligipääs ettevõtte Profener OÜ poolt, Ouman pilve keskkonda Ounet, hoone korterites mõõdetud temperatuuridele ning muudele mõõdetulemustele, mis on seotud soojussõlmega. Lisaks kasutan Keskkonnaagentuuri (KAUR) Harku ilmajaamas mõõdetud välistemperatuure. Graafikute koostamise käigus valisin samad ajavahemikud, mis eelneval korterelamul peatükis 4.1. Hoones on mõõdistatud ainult ühe korteri sisetemperatuuri.

Igas korteris on kasutusel radiaatoritel reguleertermostaadid, mis on varustatud sisemise anduriga ja kaugjuhtimist ei võimalda. Sellegipoolest iga korteri elanik saab reguleerida igalt radiaatorilt vastavat soovivat temperatuuri.

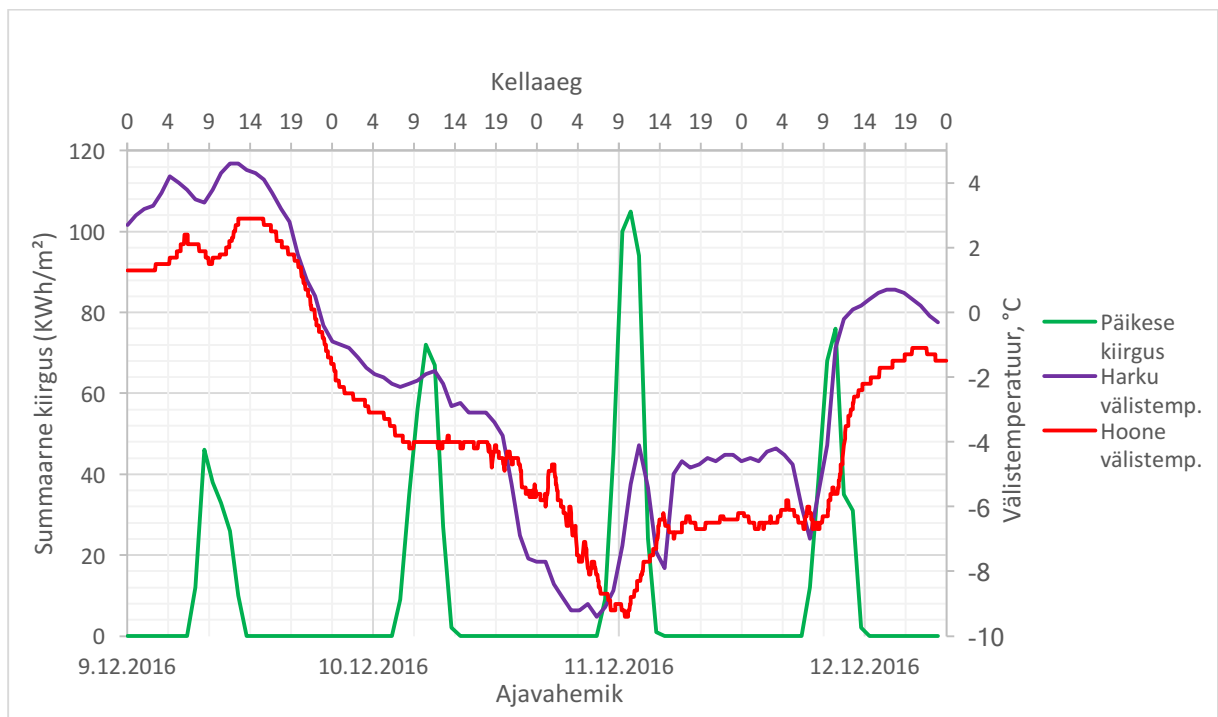
Kasutatud mõõtmistulemuste ajavahemikud:

- 09.12.2016 – 12.12.2016
- 01.01.2017 – 09.01.2017
- 05.02.2017 – 09.02.2017
- 21.02.2017 – 23.02.2017

#### 4.10. Kortrelamu nr. 3 mõõtmistulemused 09.12.2016 – 12.12.2016



*Joonis 4.10.1 Mõõdetud temperatuurid ajavahemikul 09.12.2016- 12.12.2016 kortrelamus nr. 3.*

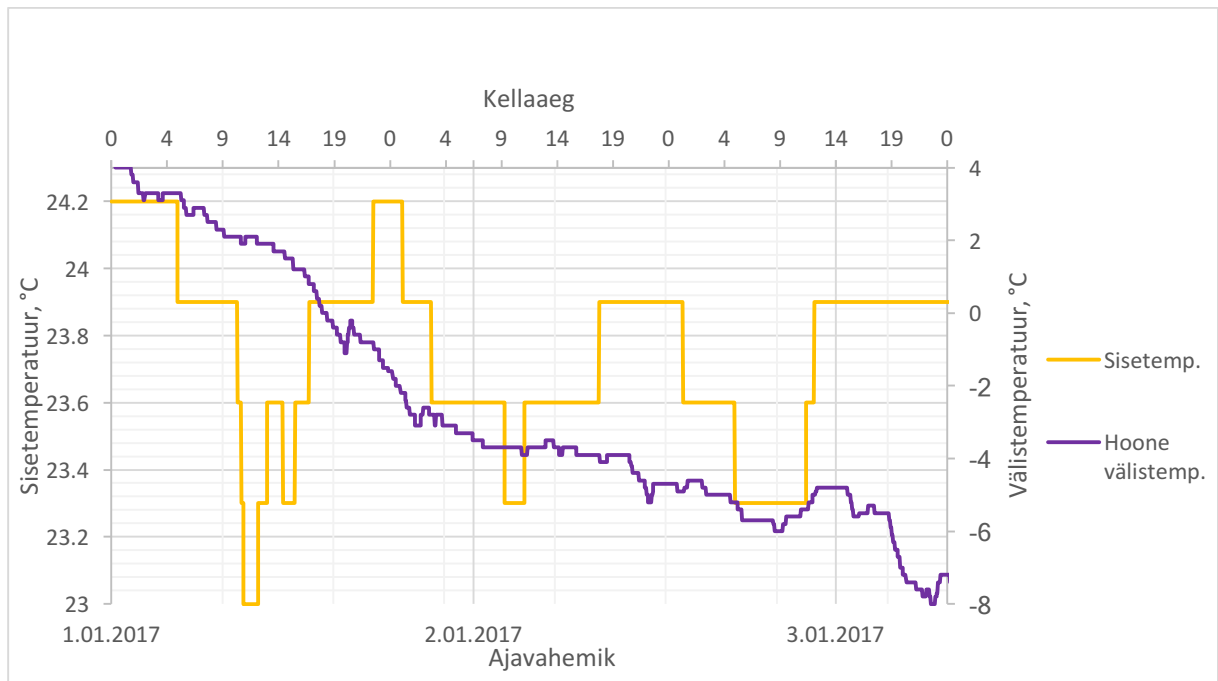


*Joonis 4.10.2 Mõõdetud välistemperatuur ja päikese summaarne kiirgus Harku ilmajaamas ning hoone välistemperatuur ajavahemikul 09.12.2016- 12.12.2016.*

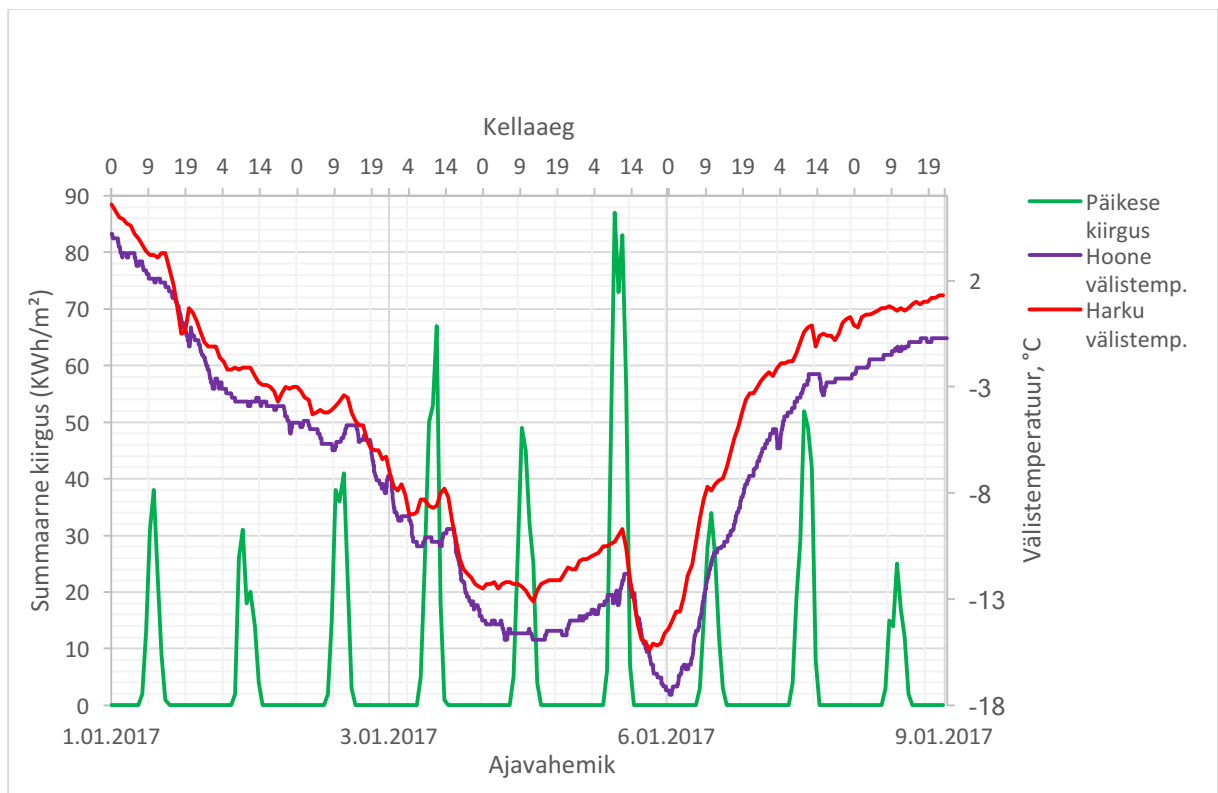
Jooniselt 4.10.1 on näha korterelamus nr. 3 mõõdetud sise- ja välistemperatuuri vahemikul 09.12.2016 – 12.12.2016, samuti on näha, et sarnaselt kortermaja nr. 2 joonisele 4.3.2 muutub hooneautomaatika poolt mõõdetud välistemperatuur joonisel 4.10.2 viibega kõrvutades Harku ilmajaamas mõõdetud temperatuurile. Antud erinevus tuleneb asukohtade erinevusest, lisaks hoone seinal asuv andur asub tiheda hoonestusega alal, mitte nagu ilmajaama andur, mis asub avatud alal. Jooniselt on eristuv, ka korteris soovitud mugavustemperatuur, mis on graafikul hinnanguliselt 23,3 °C. Antud temperatuur on küttekulude seisukohalt kõrge, mida hoida ja samuti kulukas. Samuti on graafikult näha, et sisetemperatuuri kõikumine jääb B mugavusklassi piiresse, mis arvestatakse  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ . Jooniselt on näha, et ~36 tunni jooksul ületab sisetemperatuur mugavusklassi A piire, mis on  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ . Kuna antud hoones kütte vähendamist ei toimu vastavalt kellaajale ehk hoitakse stabiilset temperatuuri siis peaks soojussõlm hoone sisetemperatuuri suutma hoida stabiilselt. Sellegipoolest on joonise 4.10.1 ajavahemiku algusest näha, kuidas välistemperatuuri tõustes vähendatakse soojavee hulka küttesüsteemis, kuid mõned tunnid hiljem toimub välistemperatuuris langus, mis võimendab sisetemperatuuri langust veelgi. Välistemperatuuris toimus  $0,8^{\circ}\text{C}$  langus ja sisetemperatuuris  $0,6^{\circ}\text{C}$ . Antud temperatuuri muutus oli 09.12.2017, ehk suhteliselt valitud ajavahemiku alguses. Järgnev, pikem välistemperatuuri muutus algas 09.12.2017 kell ~16:00 ja lõppeb 11.12.2017 kell ~10:00. Antud vahemik on valitud hoone temperatuurianduri poolt mõõdetud andmetest, kuna vastavalt sellele reguleerib soojussõlme automaatika sisetemperatuuri. Valitud ajavahemikul langeb välistemperatuur ~ $12,3^{\circ}\text{C}$  ja sisetemperatuur  $1,5^{\circ}\text{C}$  (sisetemperatuuri muutus toimus vahemikus  $22,1^{\circ}\text{C}$  ja  $23,6^{\circ}\text{C}$  vahel). Sisetemperatuuri graafikult on näha, et kui välistemperatuuri langus peatus kaheksaks tunniks alustas ka sisetemperatuur koheselt tõusu. Sisetemperatuur jõudis välistemperatuuri languse jätkamisajaks korteri mugavustemperatuurini tagasi ning edasisest väliskeskkonna temperatuuri muutustest ei olnud mõjutatud. Järgneval vahemikul, mis algas 11.12.2017 kell ~11:00 ja lõppeb 12.12.2017 kell ~22:00, toimus välistemperatuuri tõus ~ $8^{\circ}\text{C}$ , mille jooksul muutus sisetemperatuur väga vähe. Muutus toimus kõigest kolme tunni jooksul  $0,3^{\circ}\text{C}$  võrra. Peale temperatuuri langust, 3 tundi hiljem tõusis sisetemperatuur taas mugavustemperatuuri tasemele. Joonise ajajoone lõpus on näha, kuidas peale välistemperatuuri tõusu algab langus ning sellele järgneb ka sisetemperatuuris  $0,3^{\circ}\text{C}$  tõus. Korteri aknad on suunatud lõuna ilmakaarde, kuid võrreldes joonised 4.10.1 ja 4.10.2 saab järeldada, et päikese summarne kiirgus oli liialt madal, et silmnähtavalt mõjutada sisetemperatuuri. Kõik välistemperatuuri muutused on korrelatsioonis päikese kiirgusega.



#### 4.11. Kortrelamu nr. 3 mõõtmistulemused 01.01.2017 – 09.01.2017



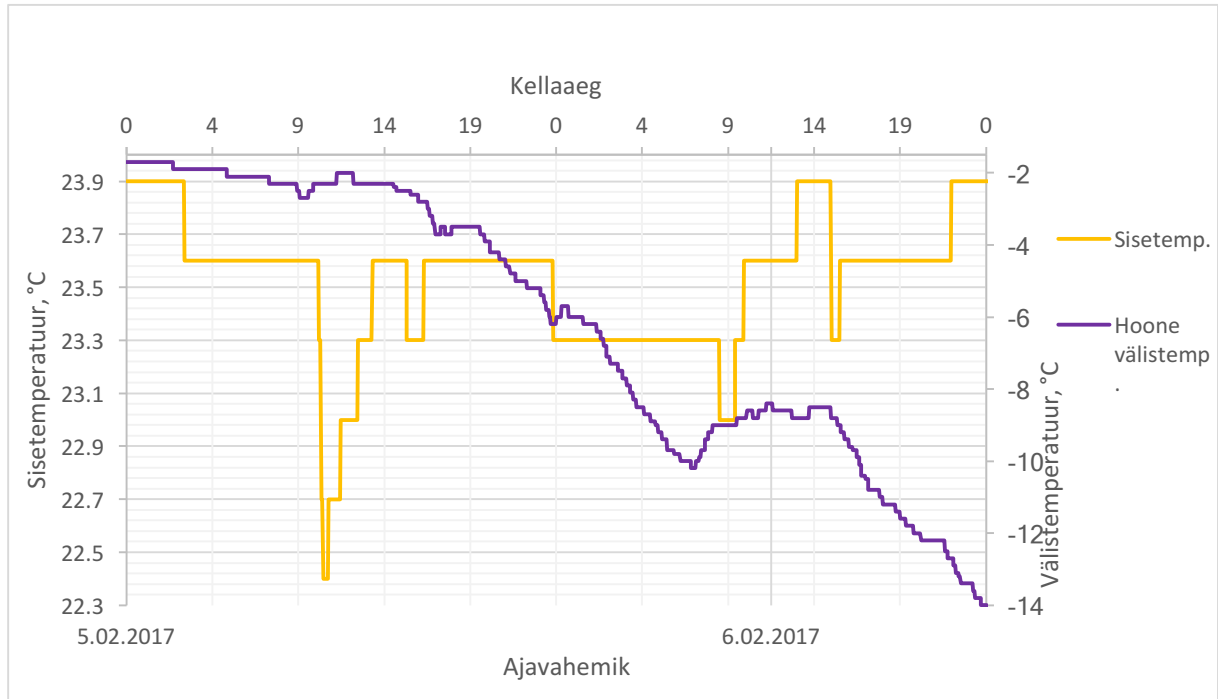
**Joonis 4.11.1 Mõõdetud temperatuurid ajavahemikul 01.01.2017- 03.01.2017 kortrelamus nr. 3.**



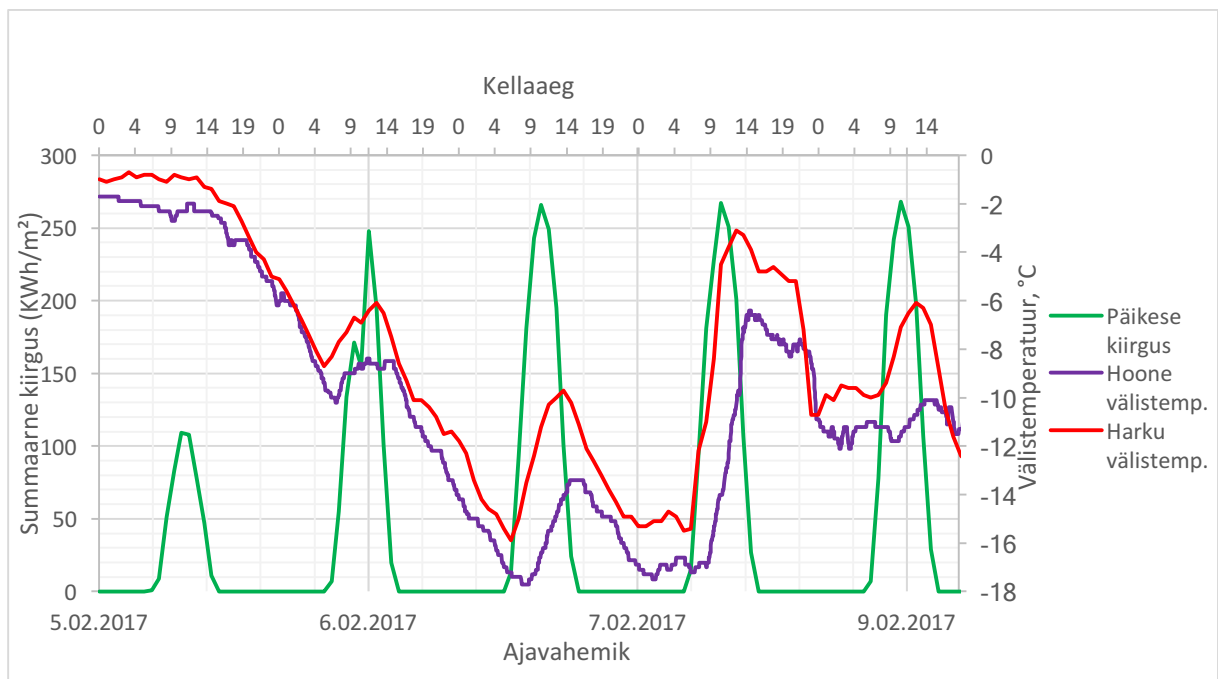
**Joonis 4.11.2 Mõõdetud välistemperatuur ja päikese summaarne kiirgus Harku ilmajaamas ning hoone välistemperatuur ajavahemikul 01.01.2017- 09.01.2017.**

Jooniselt 4.11.1 on näha korterelamu nr. 3 mõõdetud sise- ja välistemperatuuri vahemikul 01.01.2017– 03.01.2017 ning lisast 2 vahemiku 04.01.2017– 09.01.2017 joonised. Jooniselt 4.11.2 on näha päikese summaarset kiirgust ja välistemperatuuri ajavahemikul 01.01.2017 – 09.01.2017. Esimene välistemperatuuri muutus toimub mitme päeva vältel ja langeb selle käigus 21,5°C. Antud välistemperatuuri muutus algab 01.01.2017 kell ~00:00 ja lõpeb 07.01.2017 kell ~00:00. Sisetemperatuur langes järk järgult madalamale tasemele. Välistemperatuuri languse peatumisel, tõusis sisetemperatuur valitud mugavustemperatuurile, kuid väliskeskkonna temperatuuri languse jätkumisel langes ka sisetemperatuur eelnevast kõige madalamast tasemest veelgi madalamale. Välistemperatuuri langemisel madalamale, kui -10°C ei tõusnud sisetemperatuur enam endisele mugavustemperatuurile, kuna jätkuv välistemperatuuri langus langetas uuesti sisetemperatuuri. Sisetemperatuuri kõrgeima ja madalaima taseme vahe antud vahemikul oli 2,1°C. Temperatuuride muutuste vahe ei mahu enam B mugavusklassi piiresse, kuid antud välistemperatuuri muutus ei olnud 24h jooksul vaid kuue ööpäeva jooksul, kus 24h maksimaalne sisetemperatuuri muutus oli 1,5°C. Järgmisel ajavahemikul algab temperatuuri tõus 07.01.2017 kell ~00:00 ja lõpeb 09.01.2017 kell ~22:00. Antud ajavahemiku käigus muutub välistemperatuur ~17°C ja sisetemperatuur ~1,2°C. Välistemperatuuri tõustes on näha jooniselt, kuidas sisetemperatuur on oluliselt stabiilsem, kui temperatuuri langedes. Sisetemperatuuri kõikumised on väiksemad ning korterielanikule vähem tuntavad. Sarnaselt eelnevale ajavahemikule on näha jooniselt 4.11.2, et välistemperatuuri muutused on mõjutatud summaarsest päikese kiirgusest. Välistemperatuuri langemisel mitme päeva jooksul on näha, kuidas temperatuuri langemine ajutiselt peatub mõneks tunniks päikese kiirguse suurenemisel. Välistemperatuuri tõustes mitme päeva jooksul on näha, kuidas päikese kiirgus mõjutab temperatuuri tõusmise kiirust, mida kõrgem kiirgus, seda kiirem temperatuuri tõus. Antud ajavahemiku jooksul kõikus sisetemperatuur vahemikus 22,1°C kuni 24,2°C.

#### 4.12. Korteralamu nr. 3 mõõtmistulemused 05.02.2017 – 09.02.2017



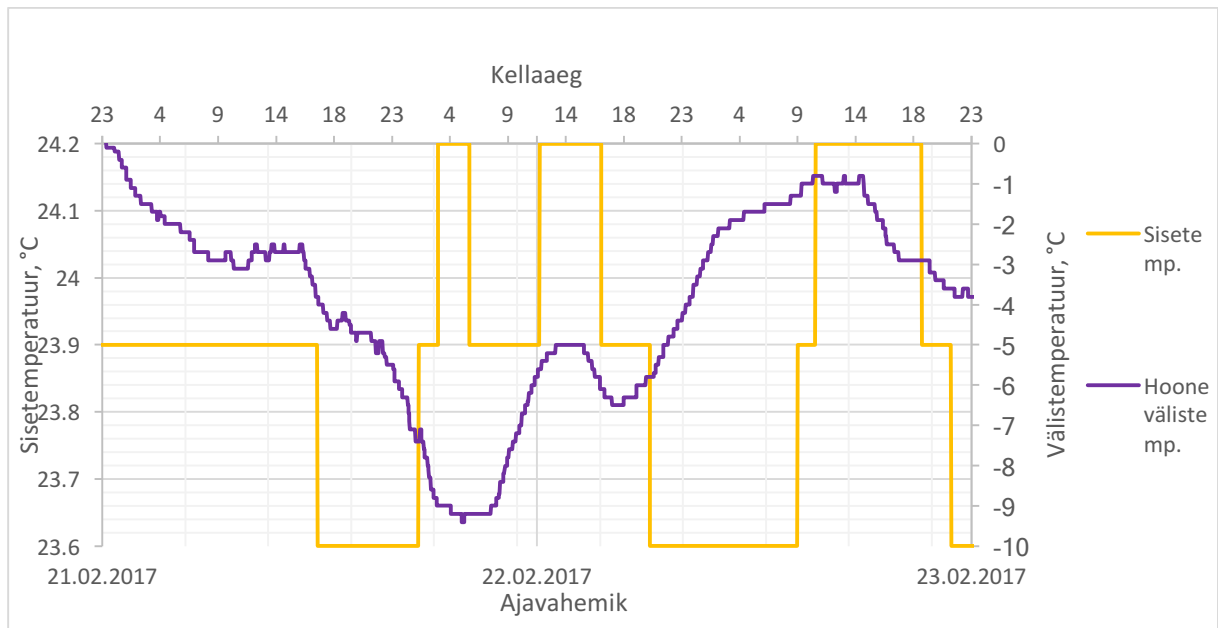
**Joonis 4.12.1 Mõõdetud temperatuurid ajavahemikul 05.02.2017- 07.02.2017 korteralamus nr. 3.**



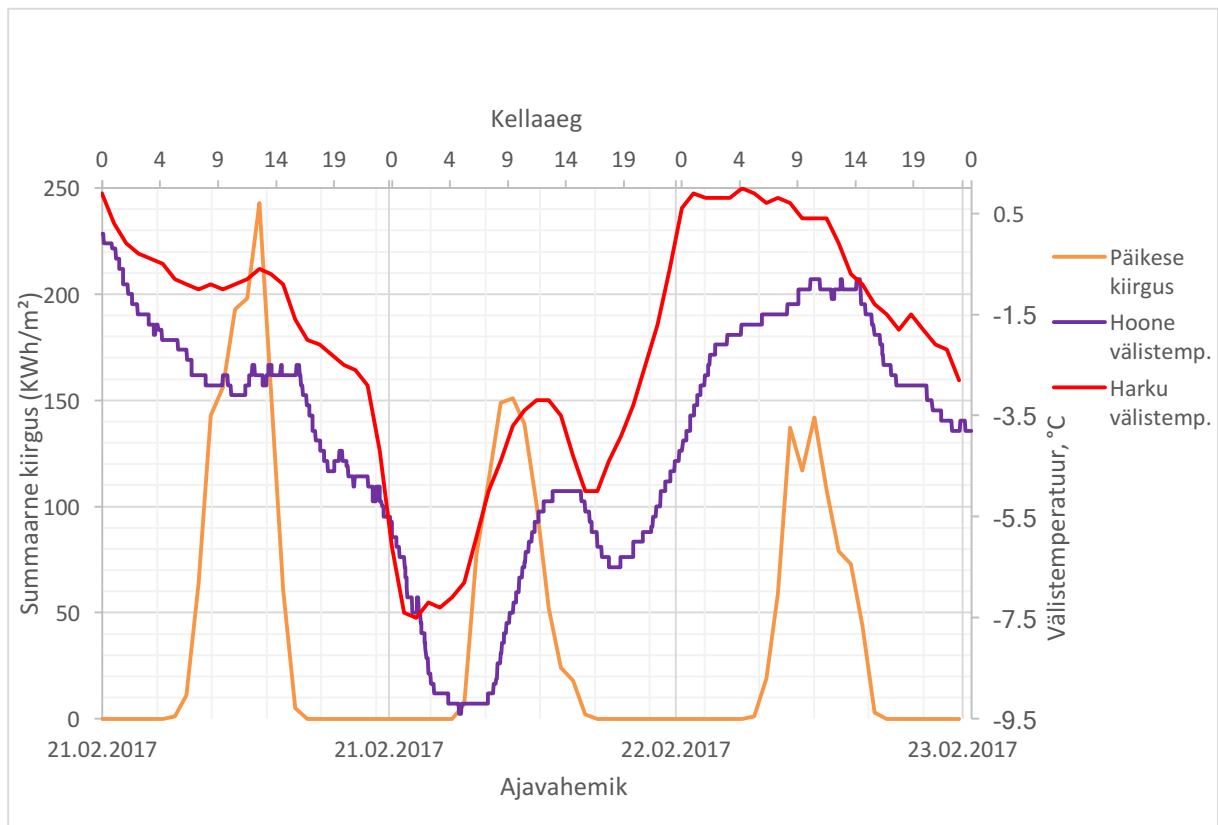
**Joonis 4.12.2 Mõõdetud välistemperatuur ja päikese summaarne kiirgus Harku ilmajaamas ning hoone välistemperatuur ajavahemikul 05.02.2017- 09.02.2017.**

Jooniselt 4.12.1 ja Lisast 2 on näha korterelamu nr. 3 mõõdetud sise- ja välistemperatuur vahemikul 05.02.2017 – 09.02.2017. Joonisel 4.12.2 on näha päikese summaarset kiirgust võrreldes välistemperatuuriga ajavahemikul 05.02.2017- 09.02.2017. Joonise 4.12.1 ja Lisa 2 jooniste ajaperioodi algusest alates 05.02.2017 kell 00:00 kuni 07.02.2017 kell ~09:00 toimub välistemperatuuris 16°C langus. Antud ajavahemiku vältel peatub temperatuuri langus üheksaks tunniks, kui toimub päevasel ajal kella ~08:00'st kuni ~17:00'ni välistemperatuuri tõus. Peale kella ~17:00 jätkub väliskeskkonna temperatuuri langus. Valitud ajaperioodi alguses toimub sisetemperatuuris järsk langus kõigest 30'ks minutiks, mis selgelt indikeerib korteris akna avamist. Järeldus põhineb asjaolul, et peale järsku langust toimub sisetemperatuuri tõus järk järgult, kuid samas võrdlemisi kiirelt. Samuti on graafikult näha, et saavutada korteris sama temperatuuri tase, mis oli eelnevalt, kulus kolm tundi. Akna avamise käigus langes sisetemperatuur 1,2°C. Välistemperatuuri langus perioodil toimunud temperatuuri tõus oli 3,3°C, mis oli piisavalt suur, et tavapärase sisetemperatuuri ~0,5°C kõikumise asemel toimus ~0,9°C tõus. Sarnane olukord toimus, kui välistemperatuuri langus lõppes ja algas välistemperatuuris tõus ( 07.02.2017 kell ~08:00), päikese summaarne kiirgus oli kõrgel tasemel ja kütte süsteem veel küttis kütteinertsist. Toimunud tõus leidis aset siis, kui korteris hoitakse juba võrdlemisi kõrget sisetemperatuuri (hinnanguliselt ~23,5°C) ning maksimumiks mõõdeti 24,8°C. Taoline temperatuuri tõus, on kõige halvem variant, kuna suurendamisega antud soojus jääb kasutamata. Antud tõusu tagajärjeks võib lugeda stsenaariumit, kus kütte on just liialt üleskütnud sisetemperatuuri ja inimene avab akna, kuna eluruumides on ebameeldivalt soe. Sellegipoolest käesolev temperatuuri tõus ei olnud ainult küttest tingitud, vaid arvesse tuleb ka võtta päikese summaarset kiirgust, mis oli eelnevate päevade ja ajavahemikega (vt. joonis 4.10.2 ja 4.11.2) võrreldes kõrgemal tasemel, kui varasemalt. Valitud ajaperioodil, mis lõppeb 09.02.2017 kell 23:59, toimus veelgi sarnaselt eelnevale olukorrale kaks korda sisetemperatuuri järsk tõus tänu välistemperatuuri tõusule ja päikese kiirguse suurenemisele. Esimesel korral toimus välistemperatuuris ~11°C temperatuuri tõus, päikese kiirguse ja välistemperatuuri tagajärjel tõusis korteri sisetemperatuur 1,5°C võrra, 24,5°C tasemele. Teises olukorras tõusis välistemperatuur kõigest ~1,8°C, kuid päikese summaarne kiirgus oli antud perioodi tugevaim ning nende kahe koosmõjul tõusis korteri sisetemperatuur 1,8°C ja sellega saavutas taas perioodi maksimaalse sisetemperatuuri taseme. Antud ajavahemiku käigus muutus sisetemperatuur vahemikus 22,4°C kuni 24,8°C.

### 4.13. Kortrelamu nr. 3 mõõtmistulemused 21.02.2017 – 23.02.2017



**Joonis 4.13.1 Mõõdetud temperatuurid ajavahemikul 21.02.2017- 23.02.2017 kortrelamus nr. 3.**



**Joonis 4.13.2 Mõõdetud välis temperatuur ja päikese summaarne kiirgus Harku ilmajaamas ning hoone välis temperatuur ajavahemikul 21.02.2017- 23.02.2017.**

Jooniselt 4.13.1 on näha korterelamu nr. 3 mõõdetud sise- ja välistemperatuure vahemikul 21.02.2017– 23.02.2017. Jooniselt 4.13.2 on näha päikese summaarset kiirgust võrreldes välistemperatuuriga samal ajavahemikul. Antud perioodil on korteri sisetemperatuur oluliselt rohkem mõjutatud, kui varasematel ajavahemikel. Antud hoone puhul peab täheldama, et sisetemperatuur hakkab tavapärasest rohkem kõikumisele, kui välistemperatuur on muutus vähemalt  $\sim 10^{\circ}\text{C}$ , mis peab paika just temperatuuri languse puhul. Temperatuuri tõusu puhul on korter rohkem mõjutatud päikese kiirgusest, kui välistemperatuurist. Selle põhjal saab järeldada, et hoone on väga hästi soojustatud ja soojuskadod madalad. Kogu valitud ajavahemiku vältel on sisetemperatuur kõige suurem sisetemperatuuri muutumiste vahe  $0,6^{\circ}\text{C}$  (kõikumine toimus vahemikus  $23,6^{\circ}\text{C}$  kuni  $24,2^{\circ}\text{C}$ ), mis näitab, et antud vahemikus toimisid kõik süsteemid nagu nõutud ja siseruumi mugavusklass jäi A tähise tasemele [16].

#### **4.14. Kortereelamu nr. 3 mõõtmistulemuste kokkuvõte**

Antud hoone mõõtetulemuste analüüs näitas sarnaseid tulemusi eelneva hoone analüüsile (vt. peatükk nr. 4.7). Tulemused olid küll sarnased, kuid mitte samad. Kuna tegemist on võrdlemisi uue hoonega, siis oodatult ei olnud sisetemperatuur nii palju mõjutatud välistemperatuurist, kui peatükis 4.1 mainitud hoonel. Antud hoone sisetemperatuur oli mõõdetud hoone keskelt asuvas korteris, mille aknad on suunatud lõuna ilmakaarde. Tänu sellele täheldasin joonistelt, et suurema summaarse päikese kiirguse ( $>200\text{KWh/m}^2$ ) juures oli sisetemperatuur tugevalt mõjutatud sellest. Selle põhjal võib järeldada, et hoone soojuskadu on minimaalne ning vastab nõuetele, kuid küttesüsteemi täpsema juhtimise korral oleks võimalik vastavat olukorda vältida, kus korteris tõuseb temperatuur elanikule üle mugava taseme. Tavapäraselt, kui ruumi temperatuur tõuseb harjutud tasemest kõrgemale avatakse korteris aken, mis jahutab ruumi. Selline olukord on kütmise seisukohast kõige halvem, kuna antud temperatuuri saavutamiseks on juba energiat kulutatud. Kuna hoonel on kasutusel ka soojustagastusega ventilatsioon, siis kasutatakse ventilatsioonist tagastuvat soojust tarbevee kütmiseks. Seejuures välditakse õue suunatavat soojaks kõetud õhu kütteväärtuse kasutamata jätmist.

Antud hoones mõõdetud sisetemperatuuri tase on suhteliselt kõrge kõikidel vaadeldud ajavahemikel. Lisaks võttes arvesse, et andur on paigaldatud kõigest 0,5 meetri kõrgusele.

Tulenevalt järskudest välistemperatuuri muutustest oli hoone sisetemperatuur siiski üsna palju mõjutatud. Valitud ajavahemike suurim sisetemperatuuri dünaamika oli  $2,1^{\circ}\text{C}$ , mille käigus oli temperatuur vahemikus 22,4 kuni 24,8 (vt. joonis 4.12.1 ja lisa 2). Antud perioodil oli pikem,

kui teised, kuid välistemperatuuris toimunud muutused samuti suuremad. Keskmiselt oli sisetemperatuuri dünaamika  $1,5^{\circ}\text{C}$ , mis tähendab, et uuele ehitatud hoonele vastav näitaja ei ole parim, kuid ei ole ka otseselt halb. Sellegi poolest on parendamise ruumi, kuna just vastavad suurimad temperatuuride kõikumised on vaja ära hoida, et saavutada sääst.

#### **4.15. Korterelamu nr. 4 Harjumaal**

Korterelamu nr. 4 asub Harjumaal, Tabasalus, renoveerimata küttesüsteemiga ja hoone ehitatud aastal 1976 ning 2012 sai uuesti kasutusloa. Tegemist on viie korruselise 60 korteriga hoonega. 2012 aastal renoveeriti hoone välisfassaad, katus ja lisati väljatõmbeõhule soojuspumbad. Lisaks lisati korteritesse värskeõhuklapid, kuid akende kõrvale ülemistesse nurkadesse mitte suunatult läbi radiaatori. Hoone kasutab kaugkütet ning lokaalne küttesüsteem on renoveerimata. Kasutusel on 1-toru süsteem ning radiaatoritel termostaatventiile ei kasutata. Hoone küttesüsteemi juhitakse välistemperatuuri alusel ning vastavalt korrigeeritakse sisetemperatuuri järgi. Elamu küte on jagatud kahte kontuuri, hoone põhjakülg ja lõunakülg. Kumbagi kontuuri juhitakse eraldi sisetemperatuuri andurite järgi. Sisetemperatuuri andureid on kokku kaheksa tükki, kuid juhtimise aluseks on nelja anduri keskmine temperatuur. Kummagil kontuuril neli andurit. Andurid on jagatud hoone ühel küljel võimalikult palju mõttelist diagonaali jälgides. Kõik andurid on paigaldatud korterites vastavalt nõuetel 1,5 meetri kõrgusele elutuppa.

#### **4.16. Korterelamu nr. 4 mõõtmistulemused**

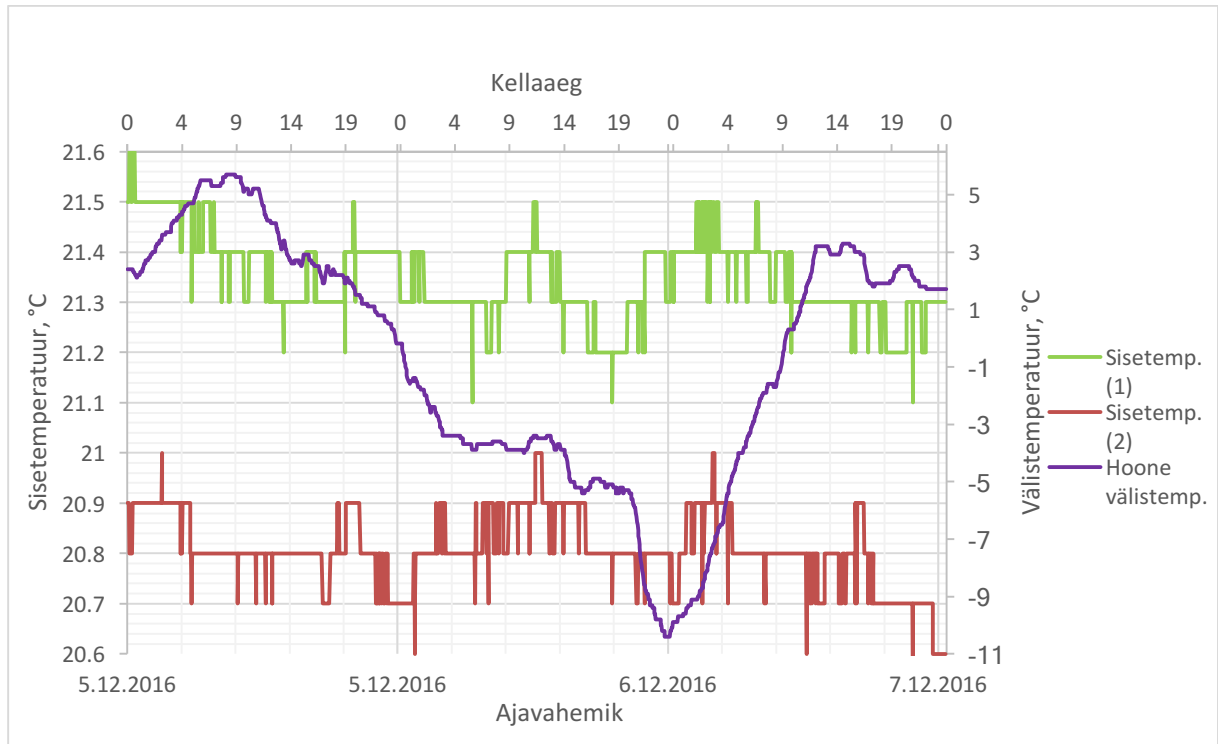
Antud süsteemi tõhususe analüüsiks tagati ligipääs ettevõtte Profener OÜ poolt, Ouman pilve keskkonda Ounet, hoone korterites mõõdetud temperatuuridele ning muudele mõõtetulemustele, mis on seotud soojussõlmega. Lisaks kasutan Keskkonnaagentuuri (KAUR) Harku ilmajaamas mõõdetud välistemperatuure. Graafikute koostamise käigus valisin ajavahemikud, mille jooksul toimusid välistemperatuuris kiired muutused.

Kasutatud mõõtmistulemuste ajavahemikud:

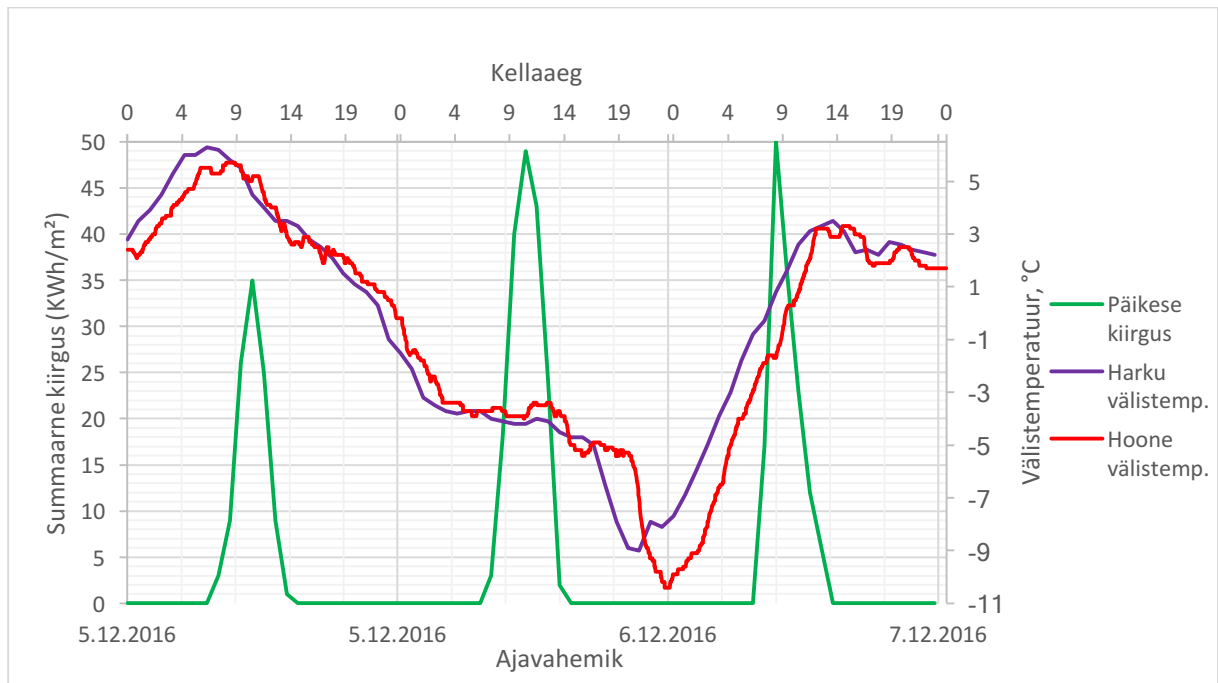
- 05.12.2016 – 07.12.2016
- 10.01.2017 – 13.01.2017
- 05.02.2017 – 09.02.2017
- 21.02.2017 – 23.02.2017



#### 4.17. Korterelamu nr. 4 mõõtmistulemused 05.12.2016 – 07.12.2016



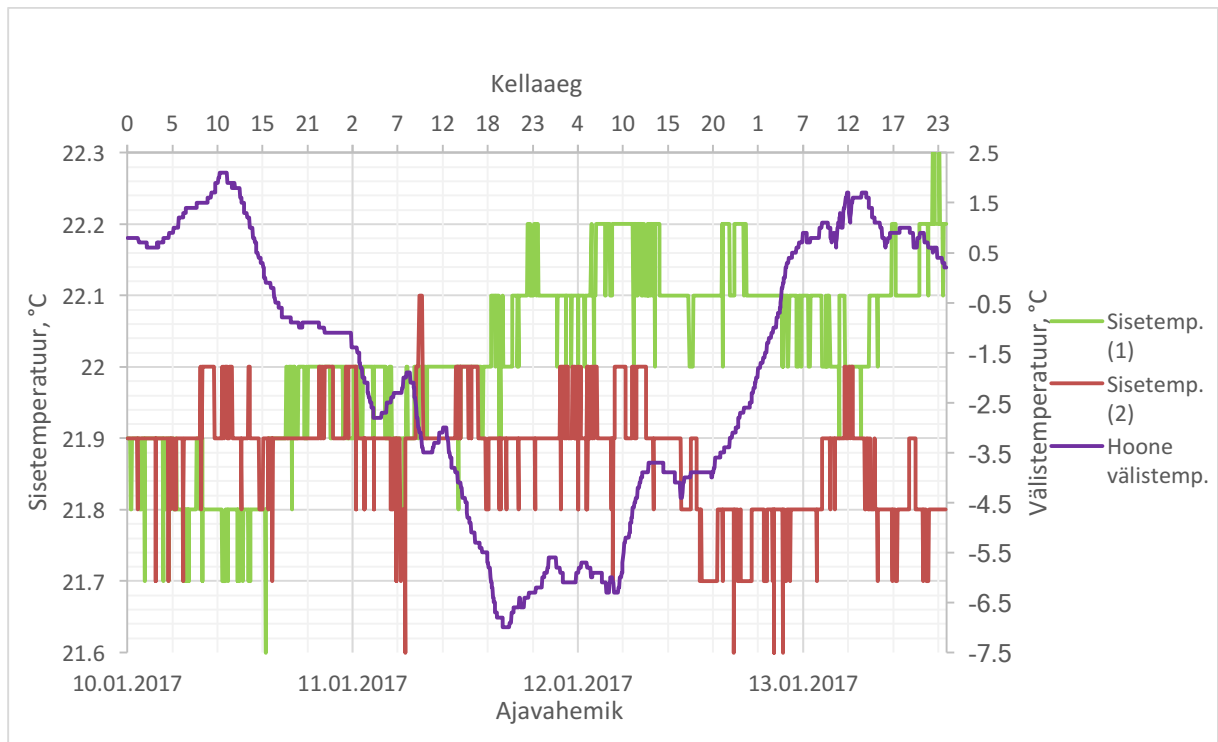
*Joonis 4.17.1 Mõõdetud temperatuurid ajavahemikul 05.12.2016- 07.12.2016 korterelamus nr.4.*



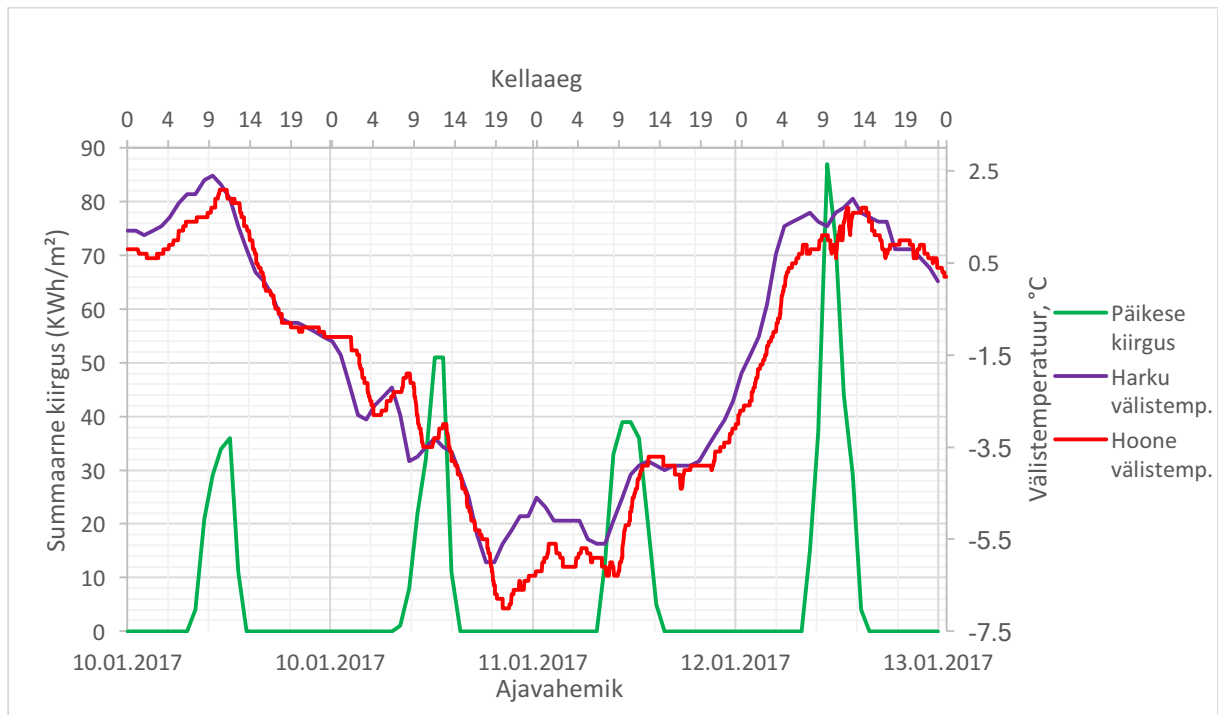
*Joonis 4.17.2 Mõõdetud välisemperatuur ja päikese summaarne kiirgus Harku ilmajaamas ning hoone välisemperatuur ajavahemikul 05.12.2016- 07.12.2016.*

Joonisel 4.17.1 on näha korterelamus nr. 4 mõõdetud sise- ja välistemperatuur ajavahemikul 05.12.2016– 07.12.2016, samuti on näha, et sarnaselt kortermaja nr. 2 ja nr. 3 joonistele 4.3.2, 4.11.2 muutub hooneautomaatika poolt mõõdetud välistemperatuur joonisel 4.17.2 viibega kõrvutades Harku ilmajaamas mõõdetud temperatuurile. Antud erinevus tuleneb eelnevates peatükkides mainitud asukohtade erinevusest. Kuna antud hoone küte on ülesehitatud kahe kontuurilisena, toimub nende juhtimine erinevalt. Eraldi juhtimiseks kasutatakse kompenseerimise konstante ehk ühele maja poolele suunatakse suurem soojuse kogus, kui teisele. Vastav juhtimine teostatakse reguleerventiilide abil. Hoonesse sissetulev kaugküte liigub läbi esimese soojusvaheti, selle abil kõetakse hoone sisevõrku. Peale esimest soojusvahetit on lisaks kaks eraldi soojusvahetit, esimese abil kõetakse hoone põhja ilmakaare poolset osa ja teise abil lõuna poolset osa. Kompenseerimissuhteid kasutatakse sellejaoks, et üks hoone pool ei oleks üle- või alakõetud. Välistemperatuuri tõusmisel suunatakse hoone lõunapoolsele vähem soojust ja temperatuuri langemisel vastupidi. Joonisel 4.17.1 kajastuval joonisel märgitud Sisetemperatuur (1) tähistab esimest kontuuri ehk põhjapoolse hoone sisetemperatuuri. Sisetemperatuur (2) tähistab lõunapoolset hoone osa. Graafikult on näha, et sisetemperatuur on mõlemas hoone osas väga stabiilne, kuid peab arvesse võtma, et üks temperatuuri näit tähendab 4 anduri keskmist näitu. Vastav viis sujub suured kõikumised keskmistamisega ära, kuid hoone keskmine temperatuur on sellegipoolest kajastatud. Antud joonise põhjal on näha, et välistemperatuuri kõikumise tagajärjel sisetemperatuur muutub kõigest 0,5°C, mis on küttesüsteemi kohalt väga hea tulemus. Hoone põhjapoolel kõigub temperatuur vahemikus 21,1°C kuni 21,6°C ja lõunapoolel vahemikus 20,6°C kuni 21°C.

#### 4.18. Kortrelamu nr. 4 mõõtmistulemused 10.01.2017 – 13.01.2017



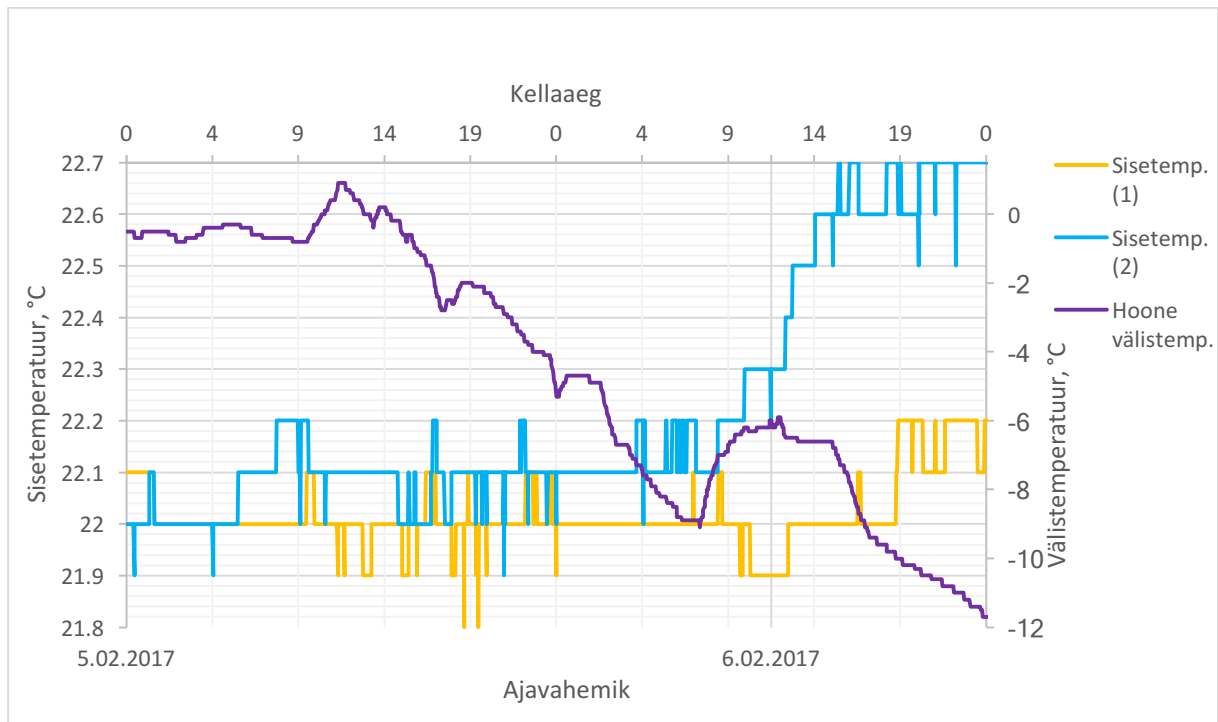
**Joonis 4.18.1** Mõõdetud temperatuurid ajavahemikul 10.01.2017- 13.01.2017 kortrelamus nr.4.



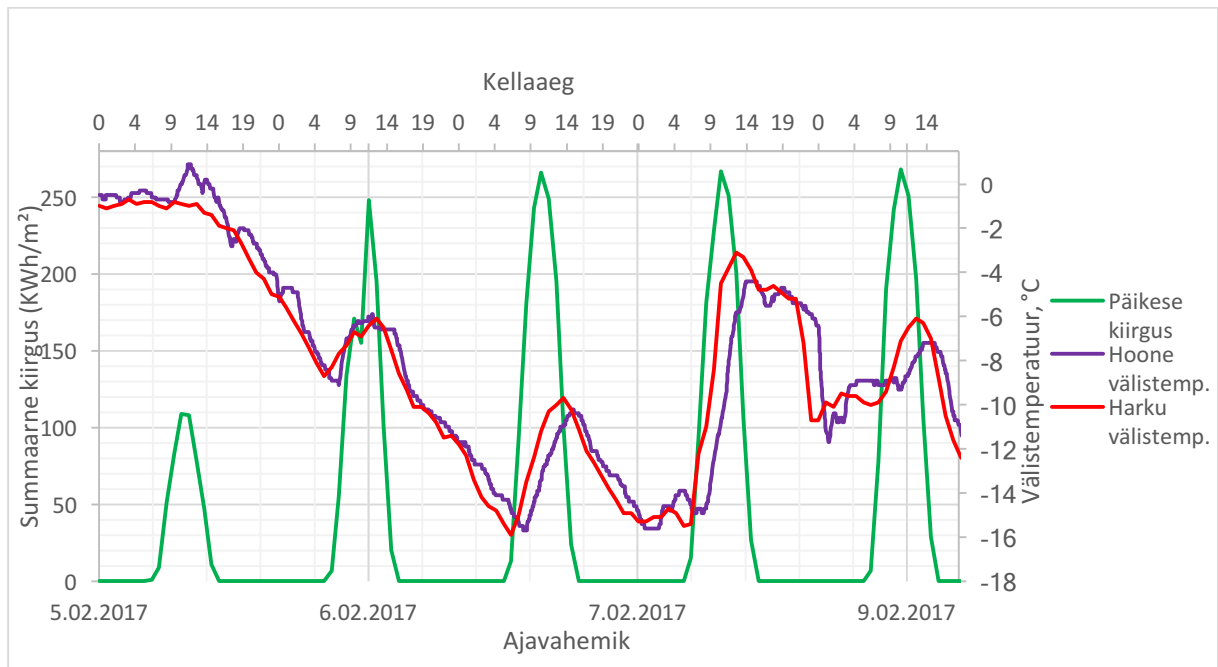
**Joonis 4.18.2** Mõõdetud välitemperatuur ja päikese summaarne kiirgus Harku ilmajaamas ning hoone välitemperatuur ajavahemikul 10.01.2017- 13.01.2017.

Jooniselt 4.18.1 on näha korterelamus nr. 4 mõõdetud sise- ja välistemperatuur ajavahemikul 10.01.2017– 13.01.2017. Jooniselt 4.18.2 on näha hoonel ja Harku ilmajaamas mõõdetud välistemperatuur ja päikese summaarne kiirgus, mis samuti mõõdistatud Harku ilmajaamas. Joonise ajavahemiku esimesel päeval 10.01.2017 toimival välistemperatuuri kõikumisel on hoone mõlemad osad stabiilsed ning sisetemperatuur muutub vaid  $\sim 0,3^{\circ}\text{C}$ . Mainitud kuupäeval toimub välistemperatuuri langus. 11.01.2017 õhtul algav temperatuuri tõus, muudab edasise  $\sim 20$  tunni jooksul sisetemperatuuri oluliselt rohkem. Välistemperatuuri tõus algab 11.01.2017 kell  $\sim 21:00$  ning lõpeb 12.01.2017 kell  $\sim 15:00$ . Antud ajavahemiku käigus tõuseb välistemperatuur  $\sim 8,5^{\circ}\text{C}$ . Valitud ajavahemiku alguses on mõõdetud keskmised hoone sisetemperatuuri näidud väga sarnased, jäädes mõlemad samal tasemele  $\sim 21,9^{\circ}\text{C}$   $0,2^{\circ}\text{C}$  temperatuuri vahemiku. Välistemperatuuri tõusmise alguses, esmalt tõuseb esimene mõõdetud sisetemperatuur (vt. joonis 4.18.1 Sisetemp.(1) 11.01.2017 kell 19:00)  $0,3^{\circ}\text{C}$  kõrgemale tasemele, kui teine mõõdetud sisetemperatuur. Esimene mõõdetud sisetemperatuur on hoone põhjaküljel mõõdistava nelja temperatuuri anduri keskmine näit. Antud ajavahemike mõõdistatud andmetest saab järeldada, et välistemperatuuri järsul tõusul vähendatakse hoone lõunapoolse oas kütet, et arvestada lisaks ka päikese kiirgust. Jooniselt 4.18.2 on näha, et ajavahemiku viimasel päeval, kui päikese summaarne kiirgus oli kõige kõrgem muutus ka hoone lõunapoolel mõõdetud sisetemperatuur. 13.01.2017 mõõdetud kõrgeima päikese kiirguse tasemega päeval antud ajavahemikul tõusis sellest tulenevalt lõunaküljel mõõdistatud sisetemperatuur tavapärasest tasemest  $0,2^{\circ}\text{C}$  kõrgemale. Ajavahemiku jooksul muutus põhjapoolse sisetemperatuur vahemikus  $21,6^{\circ}\text{C}$  kuni  $22,3^{\circ}\text{C}$  ja lõunapoolel vahemikus  $21,6^{\circ}\text{C}$  kuni  $22,1^{\circ}\text{C}$ .

#### 4.19. Kortrelamu nr. 4 mõõtmistulemused 05.02.2017 – 09.02.2017



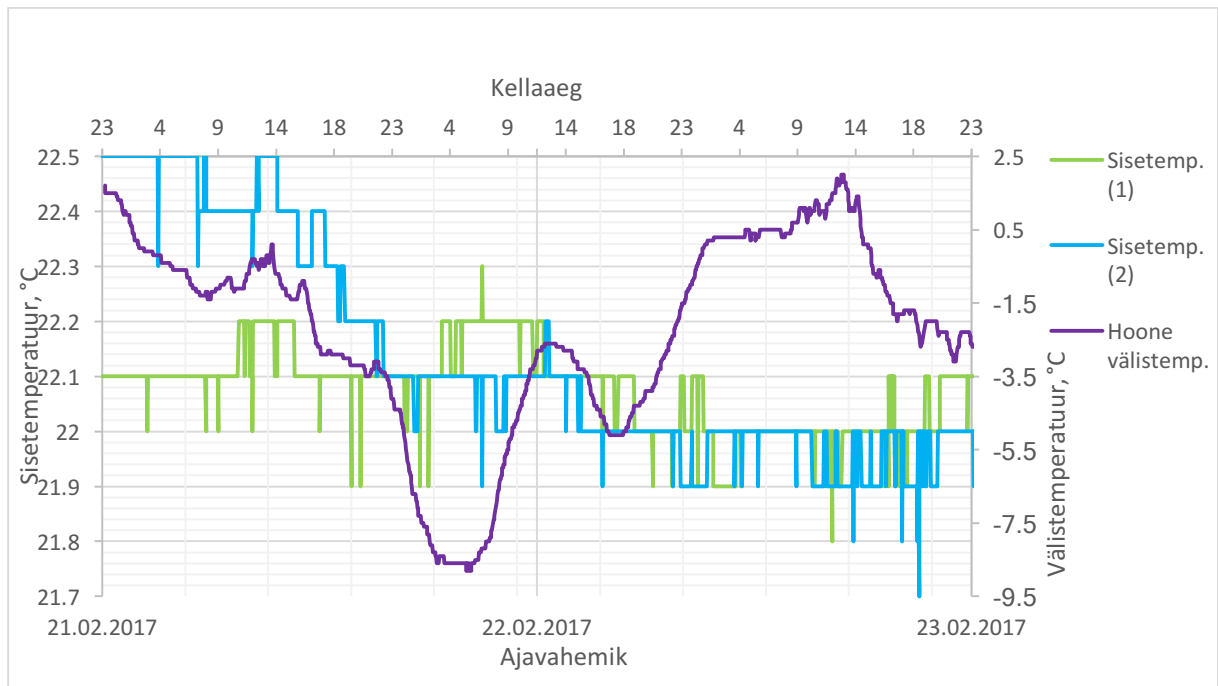
**Joonis 4.19.1** Mõõdetud temperatuurid ajavahemikul 05.02.2017- 06.02.2017 kortrelamus nr.4.



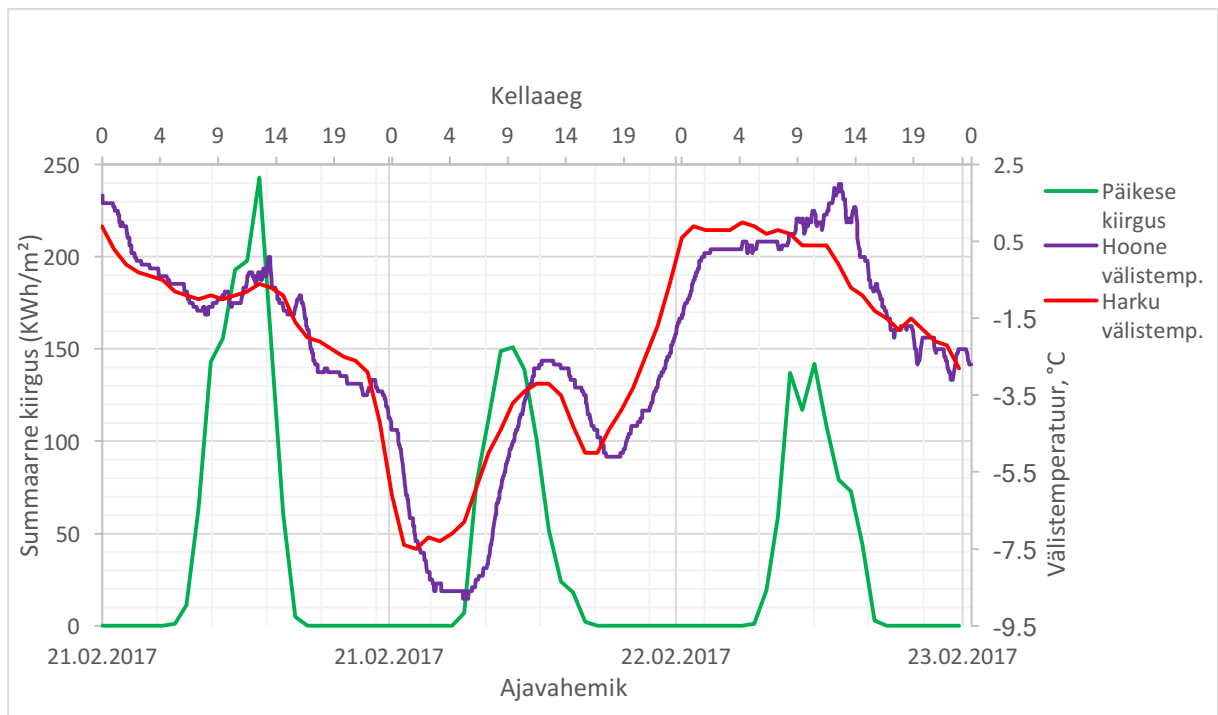
**Joonis 4.19.2** Mõõdetud välistemperatuur ja päikese summaarne kiirgus Harku ilmajaamas ning hoone välistemperatuur ajavahemikul 05.02.2017- 09.02.2017.

Jooniselt 4.19.1 on näha korterelamus nr. 4 mõõdetud sise- ja välistemperatuur ajavahemikul 05.02.2017 – 06.02.2017. Lisa joonis kogu valitud ajavahemiku kohta (05.02.2017 – 09.02.2017) on leitav lisast 3. Jooniselt 4.19.2 on näha hoonel ja Harku ilmajaamas mõõdetud välistemperatuur ja päikese summaarne kiirgus ajavahemikul 05.02.2017 – 09.02.2017. Ajavahemiku esimese 24 tunni jooksul, kui toimub välistemperatuuri langus on sisetemperatuuris väikesed kõrval kalded valitud tasakaalu temperatuurist. Lisaks peab täheldama, et jooniselt 4.19.2 on nähtav antud päeval ka madal päikese kiirguse tase. Järgnevatel päevadel, kui välistemperatuur kõigub palju on päikese kiirgus esimese päevaga võrreldes kaks korda kõrgemal tasemel. Antud asjaolust tulenevalt on sisetemperatuuri tase hoone lõuna küljel  $\sim 1^{\circ}\text{C}$  võrra kõrgemal tasemel, kui põhja külje keskmine temperatuur. Selgelt on lisast 3 nähtavalt jooniselt eristuv hoone lõuna poolse külje temperatuuride kõikumised kõrge päikese kiirgusega korral. Päevaste välistemperatuuride kõikumisel, on hoone põhja poolse küljel mõõdetud keskmine temperatuur oluliselt stabiilsem ja vähem mõjutatud. Sellest tulenevalt kasutatakse oluliselt vähem hoone põhja poolse külje kütteks energiat. Antud juhul tuleks kasutada vastavat päikese kiirgust ära ning vähendada lõuna küljel kasutatavat kütte hulka. Ajavahemiku jooksul muutus põhjapoolse sisetemperatuur vahemikus  $21,8^{\circ}\text{C}$  kuni  $22,2^{\circ}\text{C}$  ja lõunapoolel vahemikus  $21,9^{\circ}\text{C}$  kuni  $22,7^{\circ}\text{C}$ .

#### 4.20. Korterelamu nr. 4 mõõtmistulemused 21.02.2017 – 23.02.2017



*Joonis 4.20.1 Mõõdetud temperatuurid ajavahemikul 21.02.2017- 23.02.2017 korterelamus nr.4.*



*Joonis 4.20.2 Mõõdetud välisemperatuur ja päikese summaarne kiirgus Harku ilmajaamas ning hoone välisemperatuur ajavahemikul 21.02.2017- 23.02.2017.*

Jooniselt 4.20.1 on näha korterelamus nr. 4 mõõdetud sise- ja välistemperatuur ajavahemikul 21.02.2017– 23.02.2017. Jooniselt 4.20.2 on näha hoonel ja Harku ilmajaamas mõõdetud välistemperatuur ja päikese summaarne kiirus ajavahemikul 21.02.2017 – 23.02.2017. Valitud ajavahemiku alguses on näha, kuidas eelneval ajavahemikul (vt. joonis 4.19.1 ja lisa 3) nähtud sisetemperatuuriline liikumismuster lõppeb, kui päikese summaarne kiirus langeb. Päikese kiirguse madalama taseme korral on hoone erikülgede sisetemperatuurid samal tasemel ning oluliselt stabiilsemad. Sellegipoolest peab täheldama, et sisetemperatuur on stabiilne ka siis, kui välistemperatuuris toimuvad sama suured temperatuuride muutused nagu kõrge päikese kiirguse taseme korral. Ajavahemiku jooksul muutus põhjapoolse sisetemperatuur vahemikus 21,8°C kuni 22,3°C ja lõunapoolel vahemikus 21,7°C kuni 22,5°C.

#### **4.21. Korterelamu nr. 4 mõõtmistulemuste kokkuvõte**

Antud hoone mõõtmistulemused näitasid, et kahekontuuriline küttesüsteemi jaotus hoones on väga kasulik. Hoone sisetemperatuuri reageerimine väliskliima muutustele on oluliselt väiksem, mis omakorda väljendub küttele kuluvas energias. Kitsaskohti antud soojussõlme juhtimise juures täheldasin kõrge päikese summaarse kiirguse korral. Taolistes olukordades kasvas ühe hoonepoolse keskmise temperatuur 1°C võrra kõrgemale. Antud juhul oleks võimalik vältida ülekütmist, mis on põhjustatud välistemperatuuri tõusmisest ja päikese kiirguse suurenemisest. Kõrgema päikese kiirguse tasemega päevadel oli näha kõrgemat sisetemperatuuri taset, kui madalama tasemega päevadel. Eelkõige on näha joonistelt (vt. lisa 3 ja jooniseid 4.17.1, 4.18.1, 4.19.1, 4.20.1) kõrget sisetemperatuuri hoone lõuna küljel. Sellegipoolest peab täheldama, et hoone poolte keskmised sisetemperatuuride kõikumised kõikide perioodide peale ei erine palju on lõuna pool suurema dünaamikaga. Liites kokku kõikide ajaperioodide sisetemperatuuride kõikumised ja jagades perioodide arvuga, sain tulemuseks 0,5°C põhjapoolse kõikumiseks ja lõunapoolse 0,6°C. Vastavad tulemused näitavad, kui täpne on antud hoone soojussõlme ning küttekontuuride juhtimine. Kõrge päikese kiirguse korral (~250KWh/m<sup>2</sup>) täheldasin joonistelt kuni 0,7°C temperatuuride vahet hoone erinevates pooltes.



## 5. Kulukokkuhoiu analüüs

Korterhoonete kokkuhoiu põhjaks võtan kraadpäevad, kraadpäevad normaal aastal. Kraadpäevade põhjal arvutades kasutan pidepunktiks tasakaalu temperatuuri, mis hoonetele on ettenähtud. Vastavate arvutuse teostamiseks on vaja küttekogused viia üle normaalväärtusele, et erinevad aastad oleksid omavahel võrreldavad. Küttekogused normaalväärtusele viisin valemi (1) abil.

$$Q_N = (Q_{teg} - C) \cdot \frac{S_N}{S_{teg}} + C \quad (1)$$

kus:

$Q_N$  – normaalaasta soojustarbimine, MWh;

$Q_{teg}$  – tegeliku aasta soojustarbimine, MWh;

$S_N$  – normaalaasta kraadpäevade arv (lihtsad kraadpäevad, valitud vastavalt tasakaalutemperatuurile hoonetes);

$S_{teg}$  – tegeliku aasta kraadpäevade arv (valitud samal tasakaalutemperatuuril, mis  $S_N$ );

$C$  – kraadpäevadest sõltumatu soojustarbimine, MWh (antud valemist jäetud välja, kuna antud suurus võib arvestada konstandina).

Kraadpäevade andmete aluseks on võetud SA Kredex andmed [17]. Kraadpäevadest sõltumatu soojustarbimise tuletasin kaugkütte kulust, mis oli mõõdetud suvekuudel, kui hoonet kaugküttest ei kõeta. Vastav kogus on võetud võimalikult pikale ajale, et keskmistada saadud kogus. Kraadpäevade ja tasakaalu temperatuuri põhjal arvutasin erinevuse, mis näitab, mitu protsenti on erinevus kraadpäevades, kui on valitud erinevad tasakaalutemperatuurid. Vastava protsenti erinevuse põhjal saab tuletada küttekoguste vahe, kui soojustarbimine on viidud normaalaastale. Antud arvutuse põhjal saab hinnata kaugküttest võimaliku kokkuhoidu, kui hoone tasakaalutemperatuuri langetada. Lisaks annavad antud suurused aimu rahalisest kokkuhoiust ja selle põhjal pakkudes välja lahendusi, millesse investeerida, et veelgi parendada küttesüsteemi efektiivsust.

Täpsemate tulemuste saavutamiseks leian kõikide hoonete valitud ajavahemikel võimalikud kaugkütte energia säästud. Vastavad säästud saavad olema tuletatud kahest viisist- kui palju (protsentuaalselt) on võimalik säästa reguleerimise arvelt ning kui palju hoone sisetemperatuuri langetamisel hoonetes. Võrdlusesse lisanduvad hoonete ajavahemikud, kus keskmine sisetemperatuur on kõrgem, kui standardis ettenähtud 21°C [16]. Lisaks kõikidel ajavahemikel

valin kõige madalama temperatuuri, võttes selle pidepunktiks reguleerimises. Antud osa näitab, kui palju on võimalik vähem tarbida kaugküttest, kui soojussõlme reguleerimine oleks ideaalne ja suudetakse stabiilset temperatuuri hoida. Vastav stabiilne temperatuur on tavapäraselt saavutatav hoone fassaadi, kütte- ja ventilatsiooni süsteemi kaasajastamisega. Stabiilse sisetemperatuuri saavutamiseks on vaja soojussõlmele paigaldada automaatika, mis on võimeline soojusvarustust juhtima ennatlikult ehk kasutama ilmaprognoosi.

Antud arvutustes kasutan kokkuhoiu arvutamiseks meetodit, kus soovitava 21°C temperatuuri hoidmisel, ajavahemiku miinimum temperatuuri hoidmisel ja mõõdistatud temperatuuri arvutan kraadtundideks. Antud kraadtunnid arvutan iga korterelamu kohta eraldi samadel ajavahemikel, mida kasutasin peatükis 4 sisetemperatuuri dünaamika analüüsimiseks. Valitud ajaperioodid on ainult osake ühest kuust, seetõttu arvestan võimalikes säästu arvutustes rahalise kokkuhoiu nii, et saavutatud protsent tulem on võrdne terve ühe kuu võimaliku säästuga. Vastava protsent koguse põhjal on võimalik arvutada normeeritud ühe kuu kaugkütte kulust reaalne rahaline suurus. Reaalse rahalise suuruse tuletan valitud ajavahemikul võimaliku protsent suuruse põhjal. Antud protsent suuruse abil arvutan normeeritud kaugkütte kogusest võimaliku rahalise väärtuse hetke kaugkütte hinna põhjal, mis on korterelamu nr. 2 ja 3 puhul 60 € koos käibemaksuga, mis asuvad Tallinnas ning korterelamu nr. 4 puhul 84 € koos käibemaksuga, mis asub samuti Harjumaal, kuid Tabasalus. Kulukokkuhoiu tulemuste analüüsis kasutatavad terminid koos seletustega:

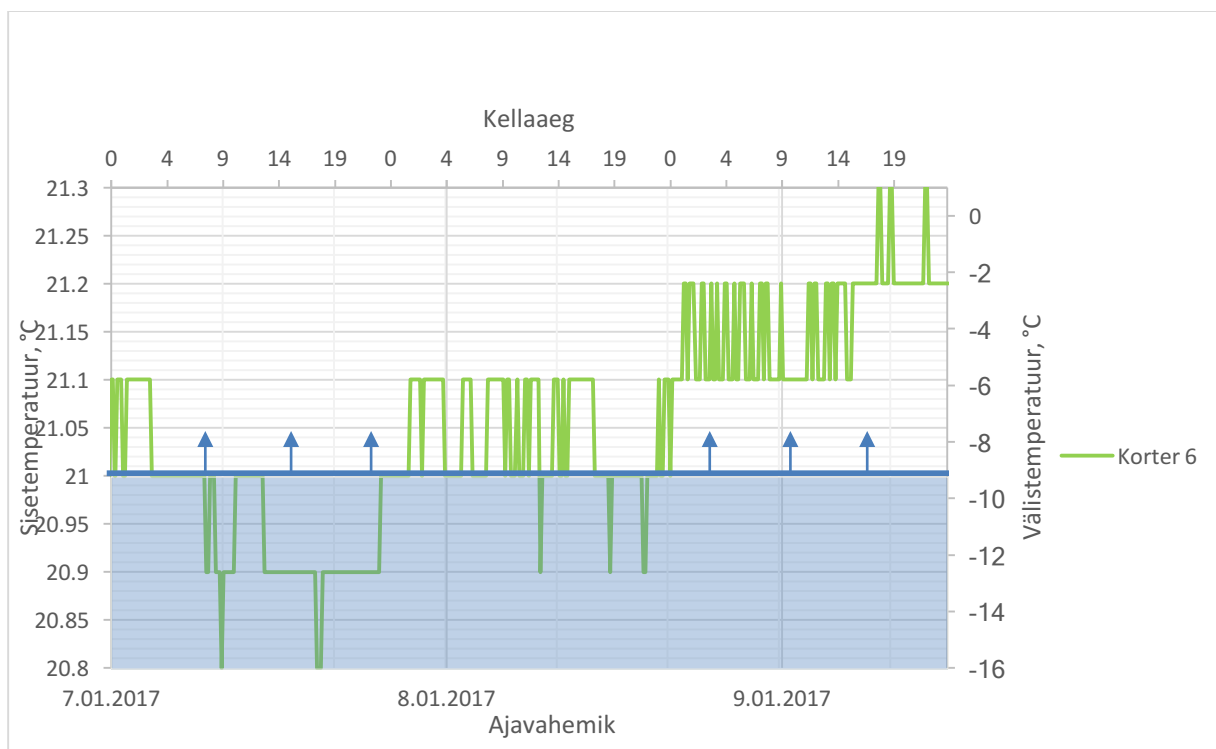
Miinimum temperatuur- vastaval perioodil esinenud sisetemperatuuri kõikumise madalaim väärtus.

Sisetemperatuuri stabiilsuse tulemused- valitud ajaperioodil arvutatud kraadtundide tulemused, kus soovitavaks temperatuuriks on arvestatud sisetemperatuuri dünaamikas esinenud madalaim temperatuuri väärtus.

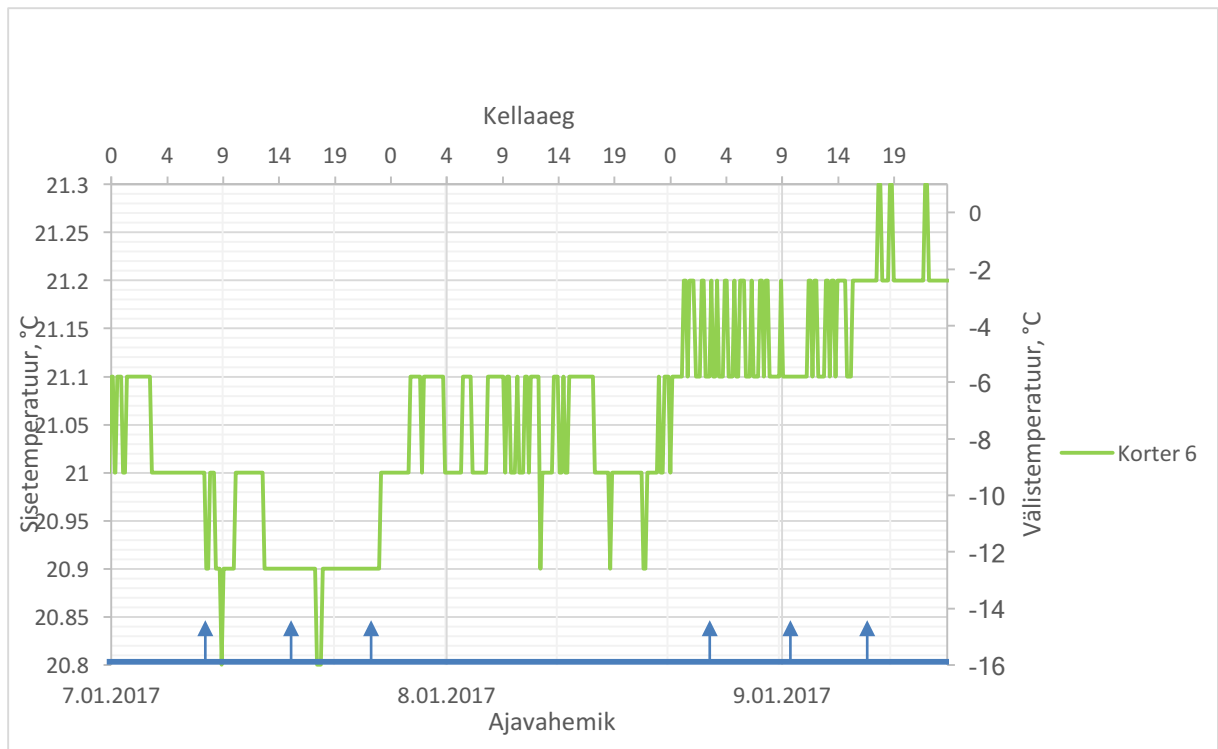
Sisetemperatuuri langetamise tulemused- valitud ajaperioodil arvutatud kraadtundide tulemused, kus soovitavaks temperatuuriks on arvestatud sisekliima standardis ettenähtud 21°C.

Normaalperiood- normeeritud kaugküttekulu kindlal perioodil, näiteks oktoobrist kuni märtsini.

Jooniselt 6.1 näha, kuidas määratud sisekliima standardile põhinedes (21°C) võimaliku kaugküttekulu säästu valides minimaalseks sisetemperatuuri väärtuseks 21°C. Antud jooniselt arvestan säästuks ainult neid temperatuure, mis ületavad 21°C. Sellise soojussõlme juhtimise käigus reguleeritakse sisetemperatuur 21°C tasemele ning hoitakse vastavat taset. Enda töös nimetan seda soojussõlme reguleerimiseks. Jooniselt 6.2 on näha, kuidas määratud valitud ajaperioodidel miinimum temperatuuri ja kuidas leian sisetemperatuuri dünaamika põhjal võimaliku säästu kaugküttest. Vastaval joonisel määratud säästuks kõik temperatuurid, mis on valitud ajavahemikul kõrgemad kui joonisel nähtav 20,8°C. Sellise analüüsi käigus saan teada kui palju on võimalik säästa kaugküttest ideaalse soojussõlme juhtimise puhul ehk kui sisetemperatuuri dünaamika puuduks, kuid säilitatakse antud perioodi madalaim temperatuur.



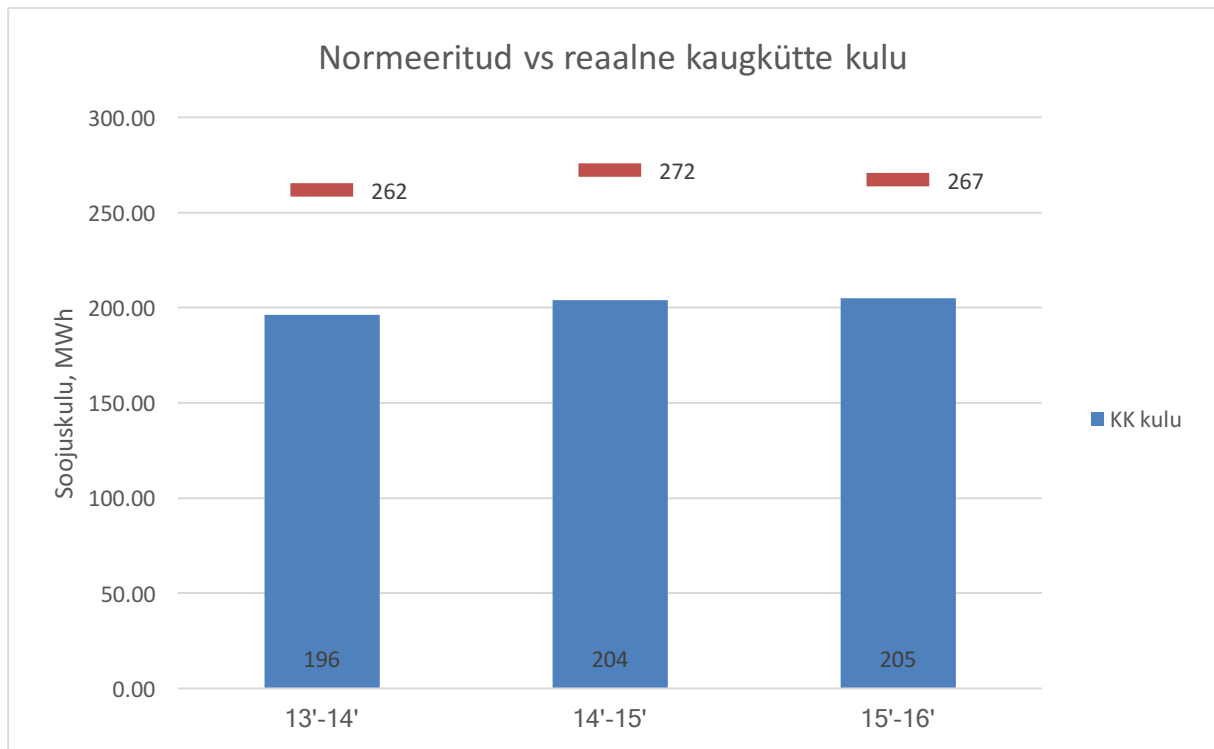
***Joonis 5.1 21°C sisetemperatuuri kraadtundide määramise meetod, kus langetatakse või tõstetakse sisetemperatuur vajalikule tasemele***



***Joonis 5.2 Sisetemperatuuri stabiilsuse kraadtundide määramise meetod, kus hoitakse valitud perioodi minimaalset temperatuuri***

## 5.1.Korterelamu nr. 2 kulukokkuhoiu tulemused

### Korterelamu kaugküttekulu normeerimise tulemused:



#### ***Joonis 5.1.1 Kaugküttekulu võrreldes normeeritud kaugküttekuluga korterelamus nr. 2.***

Jooniselt 5.1.1 nähtav erinevus kaugkütte kulus näitab, kui palju erines kaugkütte kulu normaalkulust. Antud graafikul on näidatud kulud perioodil oktoober kuni märts, erinevatel kütteperioodidel. Normaalkulu on tuletatud kraadpäevade järgi. 2013-2016 kütteperioodid on olnud ~50MWh võrra normaal kütteperioodi kulust madalam. Joonisel ei ole kujutatud 2016-2017 kütteperioodi kaugkütte kulusi, kuna siis teostati rekonstrueerimine. Peale rekonstrueerimist toodeti peamiselt soojust lokaalkütte abil. Sel juhul tähendab see, et hoone rekonstrueerimise järgne energia kulu vähenes märgatavalt. Üldjuhul rekonstrueerimise abil saavutatakse energia kuludelt 20- 30% sääst, mis antud hoone puhul annaks reaalseks energia kuluks hinnanguliselt 140MWh [18]. Arvestades, et enne rekonstrueerimist oli energia kuluks ~200MWh. Antud hoone puhul võtan sääsu arvutustes aluseks rekonstrueerimisele eelneva kütteperioodi (oktoober- märts) kaugküttekulu.

### **Korterelamu sisetemperatuuri stabiliseerimise ja vähendamise kuluanalüüsi tulemused:**

Lisast 4 on nähtav antud korterelamu detsembrikuu ajavahemikus 09.12.2016- 12.12.2016 kulukokkuhoiu arvutused kraadtundide baasil. Antud ajavahemikul on miinimum temperatuuriks arvestatud 22°C (vt. joonis 6.2 näidist, kuidas leidsin antud ajavahemikus miinimum temperatuuri). Lisaks on valitud sisekliima standardi põhjal optimaalseimaks temperatuuriks 21°C (vt. joonis 6.1 näidist, kuidas võtsin antud taseme aluseks).

Kuluanalüüsi käigus arvutan protsentuaalse erinevuse tegelike ja miinimum kraadtundide vahel. Reaalsel temperatuuril kraadtunnid on tuletatud välistemperatuuri ja sisetemperatuuri vahelisest arvutusest (sisetemperatuur, millest on lahtutatud välistemperatuur). Kraadtunnid miinimum temperatuuril on arvatud sarnaselt, nagu reaalsel temperatuuril kraadtunnid, vaid sisetemperatuuriks on arvestatud sisetemperatuuri kõikumise madalaim väärtus valitud ajaperioodil. Kuluanalüüsi täiendamiseks arvutan lisa protsentuaalse erinevuse tegeliku sisetemperatuuri kraadtundide ja sisekliima standardi põhise sisetemperatuuri kraadtundide vahel.

***Tabel 5.1.1 Sisetemperatuuri stabiilsuse ja -langetamise tulemused ajavahemikul 09.12.2016- 12.12.2016 korterelamus nr. 2.***

Kraadtunde kokku reaalsel temperatuuril	Kraadtunde kokku miinimum temperatuuril	Kraadtunde kokku standardi põhisel temperatuuril	Protsentuaalne erinevus tegelike ja miinimum kraadtundide vahel	Protsentuaalne erinevus tegelike ja standardi põhiste kraadtundide vahel
<b>2335</b>	<b>2314</b>	<b>2218</b>	<b>0,9%</b>	<b>5,2%</b>

Tabelist 5.1.1 on näha korterelamu nr. 2 sisetemperatuuri stabiilsuse ja -langetamise tulemused, mis näitavad, et soojussõlme reguleerimisest tulenev erinevus valitud ajavahemikul 09.12.2016- 12.12.2016 on 0,9% ja sisetemperatuuri langetamisest 21°C tasemele on 5,2%. Antud erinevus tuleneb sisetemperatuuri kõikumisest antud perioodil kõrgemale, kui saavutatud miinimum temperatuur, kuid võttes arvesse välistemperatuuri kõikumisi. Protsentuaalne erinevus tuleneb kraadtundide kogusest. Antud arvutus on teostatud tunnipõhiselt, millest tulenevad kraadtunnid. 0,9% erinevusest võib järeldada, et antud ajavahemikul juhtides soojussõlme efektiivsemalt, mille käigus hoides sisetemperatuuri stabiilsema on võimalik saavutada 0,9% madalam kaugküttekulu.

Antud ajavahemikul võttes aluseks sisekliima standardi ning arvestades, et sisetemperatuur on 21°C ning vastavat temperatuuri kasutades on kraadtundide alusel arvatades võimalik säästa

kaugküttekuludelt 5,2%. Sel juhul tähendaks see sisetemperatuuri langetamist 21°C tasemele ning samas ka efektiivselt juhtida soojussõlme, mis tähendaks, et sisetemperatuur on võimalikult stabiilne ja ei kõigu. Tabelist 5.1.1 nähtavatest protsentuaalsetest erinevustest saab järeldada, et detsembrikuus, valitud ajavahemikul, on sisetemperatuuri kõikumine minimaalne, kuid sisetemperatuuri langetamisel standardi põhisele tasemele oleks võimalik märkimisväärne kokkuhoid.

Antud hoone puhul on võimalik kokkuihoidu kvantifitseerida kahe normeeritud küttekuluga, kuna on olemas rekonstrueerimise eelsed kaugküttekulu näidud ja rekonstrueerimise järgsed küttekulu näidud. Tabelis 5.1.2 on näha, kui suurt mõju avaldasid soojuspumbad kaugküttekulule, kuid antud kontekstis on võimalik muuta vaid kaugküttekulu.

***Tabel 5.1.2 Kaugküttekulu normaliseeritud kogused 2015/2016 kütteperioodil oktoobrist-märtsini korterelamus nr. 2.***

Kuu	2015/2016
oktoober	30
november	44
detsember	56
jaanuar	56
veebruar	45
märts	28
Kokku	260
	MWh

**Korterelamu sisetemperatuuri stabiliseerimise ja -vähendamise kuluanalüüsi tulemused:**

Reguleerimise abil saadud rahaline võit detsembri kuus 2015 aastal oleks hinnanguliselt olnud ~30 € arvestades, et kaugkütte hind MWh kohta on koos käibemaksuga 60 €. Antud juhul oleks reguleerimisest saavutatud energia sääst 0,9%. Arvestades sisetemperatuuri langetamist 21°C tasemeni oleks rahaline võit antud kuus olnud 178 €. Antud summa suurune sääst ühes kuus on märkimisväärne.

**Tabel 5.1.3 Sisetemperatuuri stabiilsuse ja -langetamise tulemused ajavahemikul 01.01.2017- 09.01.2017 korterelamus nr. 2.**

Kraadtunde kokku reaalsel temperatuuril	Kraadtunde kokku miinimum temperatuuril	Kraadtunde kokku standardi põhisel temperatuuril	Protsentuaalne erinevus tegelike ja miinimum kraadtundide vahel	Protsentuaalne erinevus tegelike ja standardi põhiste kraadtundide vahel
<b>5760</b>	<b>5608</b>	<b>5651</b>	<b>2,7%</b>	<b>1,9%</b>

Tabelist 5.1.3 on näha korterelamu nr.2 sisetemperatuuri stabiilsuse ja -langtamise tulemused sarnaselt eelnevale perioodile (vt. tabel 5.1.1). Antud juhul on vastava analüüsi tulemused ajavahemiku 01.01.2017- 09.01.2017 kohta. Eelmainitud perioodi tulemusteks oli soojussõlme juhtimisest tuleneb kaugküttekulu sääst on võimalik 2,7% ulatuses ja sisetemperatuuri langetades 21°C tasemele on 1,9%. Juhtimisest tulenev erinevus on sarnane eelmisele perioodile, mis tähendab, et soojussõlme juhtimine on stabiilne, kuid mida on võimalik parendada. Antud perioodil oli sisetemperatuuri tase madalam ning seetõttu ka madalam energia säästu võimalus temperatuuri langetades hoones keskmiselt 21°C tasemele. Vastav erinevus näitab omakorda, et hoones ei ole kõikidel aegadel stabiilne sisetemperatuuri tase, mis veelkord tõestab, et soojussõlme juhtimist on võimalik oluliselt parendada. Vastava kuu normeeritud küttekulusi arvestades oleks rahaline sääst olnud soojussõlme juhtimist parendades ühes kuus 92 €. Rahalise säästu suurus arvestades sisetemperatuuri alandamisega 21°C tuleks 65 €. Antud suurused on tuletatud, arvestades saadud energia säästu protsendid ühe kuu tarbimisest.

**Tabel 5.1.4 Sisetemperatuuri stabiilsuse ja -langetamise tulemused ajavahemikul 05.02.2017- 09.02.2017 korterelamus nr. 2.**

Kraadtunde kokku reaalsel temperatuuril	Kraadtunde kokku miinimum temperatuuril	Kraadtunde kokku standardi põhisel temperatuuril	Protsentuaalne erinevus tegelike ja miinimum kraadtundide vahel	Protsentuaalne erinevus tegelike ja standardi põhiste kraadtundide vahel
<b>3529</b>	<b>3456</b>	<b>3516</b>	<b>2,1%</b>	<b>0,3%</b>

Tabelist 5.1.4 on näha korterelamu nr. 2 sisetemperatuuri stabiilsuse ja -langtamise tulemused. Vastava analüüsi tulemused jäävad ajavahemiku 05.02.2017- 09.02.2017. Antud perioodil soojussõlme juhtimisest tulenev võimalik energiasääst on 2,1%. Taaskord mainitud kaugküttest saadav säästu suurus näitab, et juhtimine on stabiilne. Stabiilsus väljendub eelnevate ajavahemike sarnases tulemuses (vt. tabelid 5.1.1 ja 5.1.3) ehk 0,9% ja 2,7%. Sellegipoolest on energia kokkuhoid võimalik. Soojussõlme reguleerimisest tulenev sääst on kõigest 0,3% suurune, mis näitab, et keskmine sisetemperatuuri tase on langenud 21°C tasemele. Antud juhul



puudub vajadus temperatuuri langetamiseks, kuna saavutatav kulukokkuhoid on liialt väike. Soojussõlme korrektsel juhtimisel, peaks hoone sisetemperatuuri muutumine olema kütteperioodi vältel sarnane. Antud hoone puhul saab öelda, et keskmine sisetemperatuur ei ole kütteperioodi vältel stabiilne, mis näitab, soojussõlme automaatika suutmatust hoida temperatuuri taset kindlatel tingimustel. Sellegipoolest soojussõlme juhtimist parendades ja säästes 2,1% küttekulult on võimalik saavutada ühes kuus 57€ vähendus küttearvelt.

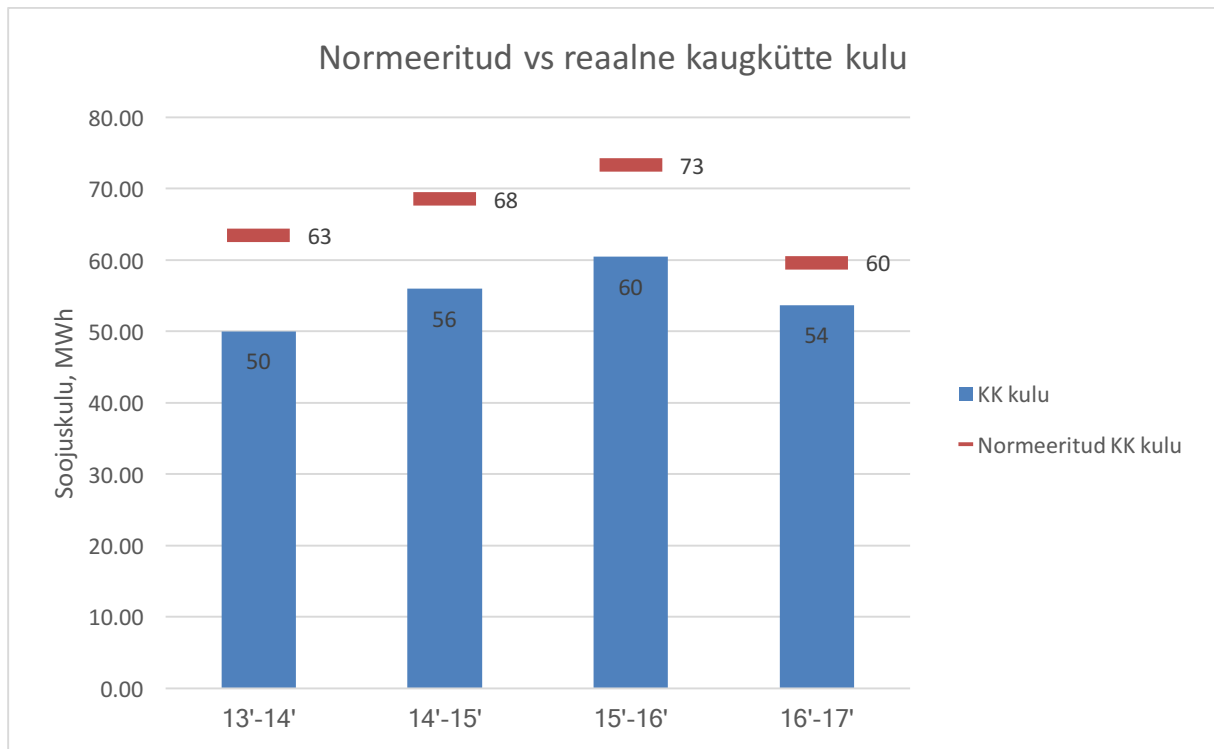
***Tabel 5.1.5 Sisetemperatuuri stabiilsuse ja -langetamise tulemused ajavahemikul 21.02.2017- 23.02.2017 korterelamus nr. 2.***

Kraadtunde kokku reaalsel temperatuuril	Kraadtunde kokku miinimum temperatuuril	Kraadtunde kokku standardi põhisel temperatuuril	Protsentuaalne erinevus tegelike ja miinimum kraadtundide vahel	Protsentuaalne erinevus tegelike ja standardi põhiste kraadtundide vahel
<b>1639</b>	<b>1588</b>	<b>1660</b>	<b>3,2%</b>	<b>-1,2%</b>

Tabelist 5.1.5 on näha korterelamu nr. 2 sisetemperatuuri stabiilsuse ja -langetamise tulemused. Antud analüüsi tulemused jäävad ajavahemiku 21.02.2017- 23.02.2017. Vastaval ajavahemikul on soojussõlme juhtimisest saavutatava energiasäästu tulemus sarnane eelnevatele ajavahemikele. Taaskord näitab, et soojussõlme automaatika juhtib stabiilselt, kuid seda oleks veelgi võimalik parendada. Soojussõlme reguleerimisest tuleneva energiasäästu protsent suurus on negatiivne. Negatiivne tulemus tuleneb sellest, et hoone keskmine sisetemperatuur on madalamal tasemel, kui 21°C. Tulemus näitab, et sisetemperatuuri rohkem langetada kokkuhoiduks ei ole võimalik, pigem tuleks tõsta. Seegi kord näitab antud tulemus, et pikemas ajavahemikus on soojussõlme reguleerimine ebastabiilne ning ei hoita ühtlast temperatuuri taset siseruumides. Sellegipoolest ühtlustades sisetemperatuuri kõikumist antud ajaperioodi miinimum temperatuurist kõrgemale on võimalik saavutada 3,2% suurune energia sääst, mis väljendub omakorda 87 € rahalise võiduga. Antud suurused on tuletatud, arvestades saadud energia säästu protsendid ühe kuu tarbimisest.

## 5.2.Korterelamu nr. 3 kulukokkuhoiu tulemused

### Korterelamu kaugküttekulu normeerimise tulemused:



#### ***Joonis 5.2.1 Kaugküttekulu võrreldes normeeritud kaugküttekuluga korterelamus nr. 3.***

Jooniselt 5.2.1 nähtav erinevus kaugkütte kulus näitab, kui palju erines kaugkütte kulu normaalaastast. Normaalaasta on tuletatud kraadpäevade järgi. 2013-2016 kütteperioodid on olnud ~12- 13MWh võrra normaal kütteperioodi kulust madalam. Eelmisel kütteperioodil, 2016-2017 on märgata, et normaalaasta küttekulu oli ~6MWh võrra madalam, mis näitab ligilähedat kulu normaalaastale käesolevas hoones. Jooniselt 5.2.1 nähtavad andmed näitavad, et hoone kütmine on kõikidel käesolevatel aastatel sarnane ning suuri muudatusi tehtud ei ole.

**Tabel 5.2.2 Kaugküttekulu normaliseeritud kogused 2016/2017 kütteperioodil oktoobrist-märtsini korterelamus nr. 3.**

Kuu	2016/2017
oktoober	5
november	8
detsember	11
jaanuar	12
veebruar	11
märts	9
Kokku	59
	MWh

**Korterelamu sisetemperatuuri stabiliseerimise ja -vähendamise kuluanalüüsi tulemused:**

**Tabel 5.2.3 Sisetemperatuuri stabiilsuse ja -langetamise tulemused ajavahemikul 09.12.2016- 12.12.2016 korterelamus nr. 3.**

Kraadtunde kokku reaalsel temperatuuril	Kraadtunde kokku miinimum temperatuuril	Kraadtunde kokku standardi põhisel temperatuuril	Protsentuaalne erinevus tegelike ja miinimum kraadtundide vahel	Protsentuaalne erinevus tegelike ja standardi põhiste kraadtundide vahel
<b>2423</b>	<b>2352</b>	<b>2218</b>	<b>3,0%</b>	<b>9,2%</b>

Tabelist 5.2.3 on näha korterelamu nr. 3 sisetemperatuuri stabiilsuse ja -langetamise tulemused. Sisetemperatuuri stabiilsuse ja -langetamise meetodist vt. peatükk 5. Analüüsi tulemused jäävad ajavahemikku 09.12.2016-12.12.2016. Antud tulemustest on näha, et soojussõlme juhtimisest võimalik energiasääst on väike. Juhtimisest võimalikuks säästuks saab hinnata 3,0%, mis näitab, et keskmine sisetemperatuur hoones valitud ajavahemikul kõikus vähe. Võimalik energia sääst sisetemperatuuri langetamises, on võrreldes eelnevalt analüüsitud hoonega suur (vt. peatükk 5.1). Langetades sisetemperatuur sisekliima standardis nõutud tasemele, 21°C on võimalik kaugküttel saavutada 9,2% suurune sääst. Antud suurus näitab, et sisetemperatuur standardiga võrreldes kõrgel tasemel. Rahaliselt on võimalik säästa küttearvelt soojussõlme juhtimist parendades valitud ajavahemiku ühes kuus 21 €. Soojussõlme

reguleerides ja sisetemperatuuri langetades 21°C tasemele on võimalik säästa ühes kuus kuni 66 €. Antud rahaline võit on ühe kuu küttearvest, hoonel, mis sai kasutusloa alles 2012.

**Tabel 5.2.4 Sisetemperatuuri stabiilsuse ja -langetamise tulemused ajavahemikul 01.01.2017- 09.01.2017 korterelamus nr. 3.**

Kraadtunde kokku reaalsel temperatuuril	Kraadtunde kokku miinimum temperatuuril	Kraadtunde kokku standardi põhisel temperatuuril	Protsentuaalne erinevus tegelike ja miinimum kraadtundide vahel	Protsentuaalne erinevus tegelike ja standardi põhiste kraadtundide vahel
<b>6122</b>	<b>5889</b>	<b>5651</b>	<b>3,9%</b>	<b>8,3%</b>

Tabelist 5.2.4 on näha korterelamu nr. 3 sisetemperatuuri stabiilsuse ja -langetamise tulemused. Analüüsi tulemused jäävad vahemikku 01.01.2017- 09.01.2017. Tulemustest on näha, et valitud ajaperioodil ei olnud sisetemperatuuri stabiilsus nii hea, kui oli eelmisel ajavahemikul (vt. tabel 5.2.3). Käesoleval ajaperioodil oleks võimalik olnud soojussõlme efektiivsema juhtimisega saavutada 3,9% suurune energia kokkuhoid. Lisaks on tabelist (vt. tabel 5.2.4) näha, et keskmine sisetemperatuuri tase on langenud ning sisetemperatuuri langetamisest oleks võimalik säästa 8,3%. Kvantifitseerides antud protsentuaalsed suurused, on võimalik 2017 jaanuari kuus normeeritud küttekulu aluseks võttes saavutada soojussõlme täpsema juhtimisega 30 € suurune kulu kokkuhoid ja reguleerimisega sisetemperatuuri taset langetades 64 € suurune kokkuhoid.

**Tabel 5.2.5 Sisetemperatuuri stabiilsuse ja -langetamise tulemused ajavahemikul 05.02.2017- 09.02.2017 korterelamus nr. 3.**

Kraadtunde kokku reaalsel temperatuuril	Kraadtunde kokku miinimum temperatuuril	Kraadtunde kokku standardi põhisel temperatuuril	Protsentuaalne erinevus tegelike ja miinimum kraadtundide vahel	Protsentuaalne erinevus tegelike ja standardi põhiste kraadtundide vahel
<b>3841</b>	<b>3708</b>	<b>3516</b>	<b>3,5%</b>	<b>9,2%</b>

Tabelist 5.2.5 on näha korterelamu nr. 3 sisetemperatuuri stabiilsuse ja -langetamise tulemused. Analüüsi tulemused jäävad vahemikku 05.02.2017- 09.02.2017. Antud ajaperioodi tulemused on sarnased eelnevale ajavahemikule (vt. tabel 5.2.4). Taaskord on soojussõlme juhtimisest võimalik säästa 3,5%, mis näitab, et sarnaselt korterelamule nr. 2 on juhtimine stabiilne, kuid säästmise võimalus on siiski olemas. Soojussõlme reguleerimisest võimalik energiakokkuhoid on 9,2%, mis näitab, et sisetemperatuuri tase jäi sarnasele tasemele eelneva ajaperioodiga. Antud juhul on võimalik juhtimisega säästa ühes kuus 25 € ja sisetemperatuuri langetamisega on võimalik säästa 65 €.

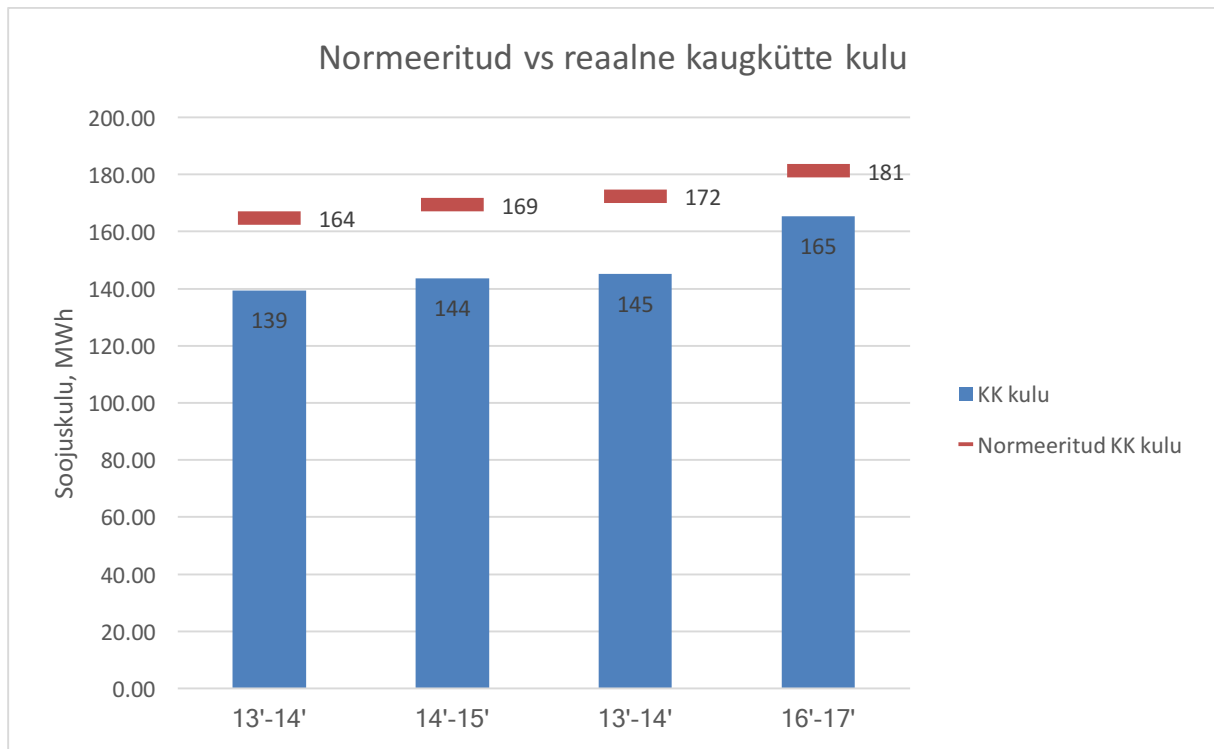
***Tabel 5.2.6 Sisetemperatuuri stabiilsuse ja -langetamise tulemused ajavahemikul  
21.02.2017- 23.02.2017 korterelamus nr. 3.***

Kraadtunde kokku reaalsel temperatuuril	Kraadtunde kokku miinimum temperatuuril	Kraadtunde kokku standardi põhisel temperatuuril	Protsentuaalne erinevus tegelike ja miinimum kraadtundide vahel	Protsentuaalne erinevus tegelike ja standardi põhiste kraadtundide vahel
<b>1869</b>	<b>1847</b>	<b>1660</b>	<b>1,1%</b>	<b>12,5%</b>

Tabelist 5.2.6 on näha korterelamu nr. 3 sisetemperatuuri stabiilsuse ja -langetamise tulemused. Analüüsi tulemused jäävad ajavahemikku 21.02.2017- 23.02.2017. Soojussõlme juhtimisest võimalik säästa kõigest 1%, mis näitab, et suurema päikesepaistega kuudel saab juhtautomaatika suurepäraselt hakkama, kuid säästmise võimalus on siiski olemas. Soojussõlme reguleerimisest võimalik energiakokkuvõid on 13%, mis näitab, et sisetemperatuuri tase oli kõrgemal, kui eelnevatel kuudel. Antud juhul on võimalik juhtimise parendamisega säästa ühes kuus 8 € ja sisetemperatuuri langetamisega on võimalik säästa 88 €.

### 5.3.Korterelamu nr. 4 kulukokkuhoiu tulemused

#### Korterelamu kaugküttekulu normeerimise tulemused:



#### *Joonis 5.3.1 Kaugküttekulu võrreldes normeeritud kaugküttekuluga korterelamus nr. 4.*

Jooniselt 5.3.1 nähtav erinevus kaugkütte kulus näitab, kui palju erines kaugkütte kulu normaalaastast. Normaalaasta on tuletatud kraadpäevade järgi. Antud hoone puhul on 2013-2016 kütteperioodid olnud 25- 27MWh võrra normaal kütteperioodi kulust madalam. Eelmisel kütteperioodil, 2016-2017 on märgata, et normaalaasta küttekulu oli 16MWh võrra madalam. Antud kütteperioodil on kõikides hoonetes olnud kõrgem kaugküttekulu, ning sellest tulenevalt ka lähedasem tulemus normaalaasta kulule. Jooniselt 5.3.1 on samuti nähtav, et hoone küttesüsteemis ja fassaadis ei ole suuri muudatusi tehtud, kuna kaugkütte kulu on sarnasel tasemel.

**Tabel 5.3.1 Kaugküttekulu normaliseeritud kogused 2016/2017 kütteperioodil oktoobrist-märtsini korterelamus nr. 4.**

Kuu	2016/2017
oktoober	15
november	25
detsember	34
jaanuar	40
veebruar	40
märts	25
Kokku	181
	MWh

**Korterelamu sisetemperatuuri stabiliseerimise ja -vähendamise kuluanalüüsi tulemused:**

**Tabel 5.3.2 Sisetemperatuuri stabiilsuse ja -langetamise tulemused ajavahemikul 05.12.2016- 07.12.2016 korterelamus nr. 4.**

Kraadtunde kokku reaalsel temperatuuril	Kraadtunde kokku miinimum temperatuuril	Kraadtunde kokku standardi põhisel temperatuuril	Protsentuaalne erinevus tegelike ja miinimum kraadtundide vahel	Protsentuaalne erinevus tegelike ja standardi põhiste kraadtundide vahel
<b>1548,34</b>	<b>1539,00</b>	<b>1542,60</b>	<b>0,6%</b>	<b>0,3%</b>

Tabelist 5.3.2 on näha korterelamu nr. 4 sisetemperatuuri stabiilsuse ja -langetamise tulemused. Sisetemperatuuri stabiilsuse ja -langetamise meetodist vt. peatükk 5. Analüüsi tulemused jäävad ajavahemikku 05.12.2016-07.12.2016. Antud tulemustest on näha, et soojussõlme juhtimisest võimalik energiasääst on väike. Juhtimisest võimalikuks säästuks saab hinnata 0,6%, mis näitab, et keskmine sisetemperatuur hoones valitud ajavahemikul muutus minimaalselt ning oli väliskliimast vähe sõltuv. Võimalik energia sääst sisetemperatuuri langetamises, on võrreldes eelnevalt analüüsitud hoonetega (vt. peatükk 5.1 ja 5.2) väike, kuna kraadtundide järgi antud ajavahemikul on sisetemperatuuri langetada vaid 0,3% kaugküttekulust. Antud protsentuaalne suurus näitab, et sisetemperatuur on standardiga võrreldes õigel tasemel. Rahaliselt on võimalik säästa küttearvelt soojussõlme juhtimist parendades valitud ajavahemiku ühes kuus 17 €. Antud hoone puhul võtsin arvesse ka kõrgemat

kaugkütte hinda, kui teiste hoonete puhul. Kõrgem hind tuleneb teisest teenuse pakkujast ja asukohast. Eelnevatel hoonetel oli kaugkütte hinnaks 60€, kuid käesoleva hoonel on kaugkütte hinnaks 84€, mis on arvestatud koos käibemaksuga.

**Tabel 5.3.3 Sisetemperatuuri stabiilsuse ja -langetamise tulemused ajavahemikul 10.01.2017- 13.01.2017 korterelamus nr. 4.**

Kraadtunde kokku reaalsel temperatuuril	Kraadtunde kokku miinimum temperatuuril	Kraadtunde kokku standardi põhisel temperatuuril	Protsentuaalne erinevus tegelike ja miinimum kraadtundide vahel	Protsentuaalne erinevus tegelike ja standardi põhiste kraadtundide vahel
<b>2261</b>	<b>2252</b>	<b>2170</b>	<b>0,4%</b>	<b>4,2%</b>

Tabelist 5.3.3 on näha korterelamu nr. 4 sisetemperatuuri stabiilsuse ja -langetamise tulemused. Analüüsi tulemused jäävad ajavahemikku 10.01.2017- 13.01.2017. Antud perioodi tulemustest on näha, et soojussõlm on olnud sisetemperatuuri hoidmisel väga efektiivne, kuna juhtimiselt on antud ajavahemikul lisaks võimalik kokkuhoida vaid 0,4%. Kaugküttekulult on võimalik kokkuhoida soojussõlme reguleerides, ehk sisetemperatuuri alandades. Kraadtunde võrreldes erinevatel temperatuuridel on kogu perioodi tulemuseks 4,2% erinevus, mis väljendub küttearvel ühes kuus ~142 €. Antud hoonel, millel küttesüsteem on renoveerimata võimalik väikeste muudatustega üpris palju, juba ühes kuus kokkuhoida. Sellegipoolest peab täheldama, et renoveerimata süsteemi kohta, on juhtimine hea võrreldes teiste hoonetega, kus on kõik vajaminevad tööd tehtud. Siiski peab tõdema, et teistel hoonetel ei ole kasutusel küttele kahe kontuurilist süsteemi, kus hoone ühes pooles hoitakse vastavalt ilmale teist temperatuuri.

**Tabel 5.3.4 Sisetemperatuuri stabiilsuse ja -langetamise tulemused ajavahemikul 05.02.2017- 09.02.2017 korterelamus nr. 4.**

Kraadtunde kokku reaalsel temperatuuril	Kraadtunde kokku miinimum temperatuuril	Kraadtunde kokku standardi põhisel temperatuuril	Protsentuaalne erinevus tegelike ja miinimum kraadtundide vahel	Protsentuaalne erinevus tegelike ja standardi põhiste kraadtundide vahel
<b>3688</b>	<b>3636</b>	<b>3516</b>	<b>1,4%</b>	<b>4,9%</b>

Tabelist 5.3.4 on näha korterelamu nr. 4 sisetemperatuuri stabiilsuse ja -langetamise tulemused. Analüüsi tulemused jäävad ajavahemikku 05.02.2017- 09.02.2017. Antud perioodi tulemustest on näha, et soojussõlm on sisetemperatuuri hoidmisel väga efektiivne sarnaselt eelnevatele ajavahemikele. Soojussõlme juhtimiselt oleks võimalik säästa 1,4% ulatuses. Soojussõlme reguleerides nii, et sisetemperatuur langeks 21°C oleks võimalik kokkuhoida 4,9% antud perioodil. Arvestades antud protsentuaalseid suuruseid on võimalik ühes kuus kokkuhoida



soojussõlme efektiivsema juhtimise abil 49 € ja soojussõlme reguleerides 21°C tasemele saab säästa 168 €.

**Tabel 5.3.5 Sisetemperatuuri stabiilsuse ja -langetamise tulemused ajavahemikul 21.02.2017- 23.02.2017 korterelamus nr. 4.**

Kraadtunde kokku reaalsel temperatuuril	Kraadtunde kokku miinimum temperatuuril	Kraadtunde kokku standardi põhisel temperatuuril	Protsentuaalne erinevus tegelike ja miinimum kraadtundide vahel	Protsentuaalne erinevus tegelike ja standardi põhiste kraadtundide vahel
<b>1743</b>	<b>1729</b>	<b>1660</b>	<b>0,8%</b>	<b>4,9%</b>

Tabelist 5.3.5 on näha korterelamu nr. 4 sisetemperatuuri stabiilsuse ja -langetamise tulemused. Analüüsi tulemused jäävad ajavahemikku 21.02.2017- 23.02.2017. Soojussõlme juhtimiselt oleks võimalik säästa 0,8% ulatuses. Soojussõlme reguleerides nii, et sisetemperatuur langeks 21°C oleks võimalik kokkuhoida 4,9% antud perioodil. Arvestades antud protsentuaalseid suuruseid on võimalik ühes kuus kokkuhoida soojussõlme efektiivsema juhtimise abil 27 € ja soojussõlme reguleerides 21°C tasemele saab säästa 170 €.

#### **5.4.Korterelamute kulukokkuvõtte**

Reaalset mõõdetud kaugküttekulu võrreldes normeeritud kuluga täheldasin kõikide hoonete puhul, et kõikidel vaadeldud aastatel (vähemalt kolm viimast kütteperioodi) oli normaalaasta küttekulu suurem, kui reaalne mõõdetud kulu.

Mõõdistatud sisetemperatuuri põhjal teostatud arvutuste tulemused näitasid, et kõikidel hoonetel on sisetemperatuuri stabiilsus suhteliselt hea, ehk säästu võimalus sisetemperatuuri ühtlasemana hoidmisest parema juhtimisega oli kuni 4%. Samal ajal aga sisetemperatuuri tase ise oli tihti peale liialt kõrge. Seega soojussõlme reguleerimisest tuleneva energiakulu kokkuvõtte protsentuaalsed suurused erinesid väga palju. Korterelamu nr. 2 puhul oli mõnel perioodil võimalik säästa sisetemperatuuri langetades kuni 5%. Siiski esinesid ka mõned perioodid kus sisetemperatuuri oleks tulnud tõsta, kuna protsentuaalne suurus oli negatiivne, mis tähendas, et hoone keskmine temperatuur oli alla 21°C taset. Antud tulemus näitab, et keskmine sisetemperatuur kõigub ühe kütteperioodi jooksul palju ning sellist erinevust peaks soojussõlm suutma vältida. Antud juhul jääb selgusetuks, kas antud erinevus oli sihilikult tekitatud madalam keskmine sisetemperatuur, soojussõlme automaatika rike või mõõteseadme viga. Samuti on võimalik sisetemperatuuri dünaamika jooniste põhjal ( vt. peatükk 4.1 kuni 4.6 ja Lisa 1 joonised) järeldada, et hoone küttesüsteem on tasakaalust väljas, kuna korterite sisetemperatuur ei ole samal tasemel.

Korterelamu nr. 3 puhul oli märgata veelgi soodsamat olukorda reguleerimiseks, kuna kraadtundidest arvatud protsentuaalsed suurused näitasid kõige suuremad säästu potentsiaali ~13%. Antud hoone puhul on sihilikult sisetemperatuur kõrgem, kui sisekliima standard nõuab. Sellest tulenevalt on võimalik energiasäästu protsent kõrge.

Korterelamu nr. 4 puhul väljendus tabelitest kõige täpsem soojussõlme juhtimine, kuigi on tegemist kõige vanema süsteemiga võrreldes teiste hoonetega. Antud juhtimise täpsust saab seletada küttekontuuride arvuga. Korterelamutel nr. 2 ja 3 oli kasutusel üks küttekontuur, kuid korterelamu nr. 4 puhul kaks kontuuri. Kaks kontuuri võimaldab hoida hoone põhjapoolel vajadusel kõrgemat temperatuuri, kui hoone lõunapoolel.

Analüüsitud perioodidel oli korterelamu nr. 2 puhul keskmiseks võimalikuks energia säästuks soojussõlme juhtimise abil 2,2%, mis kogu kütteperioodi peale (oktoober– märts) oleks olnud saavutatav 351€ (kogu valitud perioodi, oktoober kuni märts kütteperioodi kaugküttekulust arvatud rahaline suurus) suurune kokkuhoid kaugküttekulult. Keskmiseks võimalikuks säästuks sisetemperatuuri hoidmisel 21°C tasemel oleks võimalik kokkuhoida kogu kütteperioodi jooksul 1,57%. Antud suurus oleks võimaldanud säästa kuue kuu peale (oktoober kuni märts) 245€.

Korterelamu nr. 3 puhul keskmiseks võimalikuks energia säästuks (kuue kuu peale vahemikus oktoober- märts) soojussõlme juhtimise abil oleks 2,9%, mis väljenduks potentsiaalselt kaugkütte arvel 104€ väiksema numbriga. Antud säästuhulk oleks ühe kütteperioodi peale kokku. Soojussõlme reguleerimisest võimalik keskmine energia kokkuhoiu hulk oleks 9,8%, mis väljenduks ühe kütteperioodi (oktoober- märts) peale kokku 351€ väiksema summana.

Korterelamu nr. 4 puhul keskmiseks võimalikuks energia säästuks (kütteperioodil oktoober kuni märts) soojussõlme juhtimise abil oleks 0,8%, mis väljenduks potentsiaalselt kaugkütte arvel 123€ väiksema numbriga. Soojussõlme reguleerimisest võimalik keskmine energia kokkuhoiu hulk oleks 3,6%, mis väljenduks ühe kütteperioodi peale kokku 547€ suuruse summana.

Võttes arvesse potentsiaalseid säästmise suuruseid, tuleb vastav suurus raha investeerida küttesüsteemi juhtimisse või reguleerimisse, et eelpool mainitud kokkuhoidud saavutada. Korterelamu nr. 2 puhul tuleks muuta soojussõlme juhtimist veelgi efektiivsemaks. Tõenäoliselt oleks selleks parim võimalus otses juurde teenust, mis muudaks soojussõlme juhtimise ennatlikuks, mitte järel juhtivaks. Kasutades ilmaprognoosi, oleks kulukokkuhoid veelgi suurem, nii kaugküttelt, kui ka elektrilt. Hoones lihtsalt keskmist temperatuuri on raske

lihtsalt alandada, kuna niigi osadel kuudel oli sisetemperatuur alla 21°C. Ilmaprognoosi abil (välistemperatuur ja päikese summaarne kiirgus) on võimalik ennustada võimalikke sisetemperatuuri muutusi. Teades muutusi ette saab ennetada väliskeskkonna muutusi ja valmistada hoone konstruktsiooni selleks ette. Põhiline rahaline kokkuvõtte saavutatakse, kui teatakse ette välistemperatuuride tõuse, kus tihti toimub eluruumide ülekütmine. Väliskeskkonna temperatuur tõuseb, kuid küttesüsteemid eritavad lisasoojust ruumidesse, kuigi soojussõlm on lisa soojuse edasi kandmise lõpetanud. Antud juhul on tegemist kütteinertsiga. Lisaks on võimalus vähendada küttearveid, kui tasakaalustada korterid peale rekonstrueerivat ehitust uuesti. Jälgides, kuidas eluruumide sisetemperatuurid muutuvad ühe kütteperioodi jooksul, mil lühikese ajajooksul toimuvad suured välistemperatuuri tõusud ja päikese kiirgus on kõrgel tasemel.

Kõige väiksema rahalise investeeringuga saavutatav kütte kokkuvõtte tuleneb korterite sisetemperatuuride langetamisest. Sellegipoolest tuleb arvesse võtta, et eluruumides elavad inimesed on erinevad, iga inimene soovib erinevat sisetemperatuuri, kuid teoreetiliselt vähendades hoone keskmist sisetemperatuuri 2°C võrra, peaks saavutatav kokkuvõtte aastas olema märkimisväärne. Taoline kokkuvõtte looks aluse investeerida saadav summa edasi hoone küttesüsteemi parendamisele, näiteks paigaldades ajamiga termostaatventiilid radiaatoritele. Ajamiga termostaatventiilid looksid võimaluse muuta maja veelgi energiatõhusamaks ning keskkonna säästlikumaks.

Järgmine võimalus oleks viia hoone küttesüsteem veelgi paremini tasakaalu muutes korterites kütteradiaatorite suurusi vastavalt mõõdetud andmetele, kuid reaalses elus on vähesed korterite omanikud nõus maksma selle eest, et muudetakse just uuendatud küttesüsteemi radiaatoreid, mille eest juba on tasutud. Lisaks praegu kasutusel olevale ventilatsiooniõhu soojustagastusele oleks võimalik ka kasutada soojustagastust kaugküttelt, kust eraldada lisasoojus kaugküttevõrku tagastuvalt veelt.

Korterelamu nr. 3 puhul tasuks juhtimise puhul kasutada sama meetodit, nagu korterelamu nr. 2 puhul, ehk lisada ennatlik juhtimisviis soojussõlme automaatikasse. Kuna seadmed on väljaostes kallid, siis tuleks kasutada teenust, mille aasta teenustasu jääks korterelamu nr. 2 puhul alla 66€. Korterelamu nr. 3 puhul võiks teenustasu olla kõrgem, kuid mitte oluliselt. Korterelamu nr. 3 puhul langetades sisetemperatuur 21°C tasemele oleks võimalik saavutada ühe kütteperioodiga oluliselt madalamad küttekulud ilma lisainvesteeringuid tegemata. Võttes arvesse, et sisetemperatuuri langetades 21°C tasemele ning juhtimist mitte parendada, oleks reaalne raha kokkuvõtte (langetades sisetemperatuuri nii, et kõikumise madalaim väärtus on

21°C, mis tõttu lahutan küttesäästu arvutuses temperatuuri langetamisest saavutatavast rahalisest säästust, juhtimisest saadava rahalise säästu)  $351 - 104 = 247\text{€}$ . Antud suurus oleks ühel kütteperioodil 6,8% kogu kaugkütte maksumusest. Üks kõige lihtsamaid viise, kuidas kütelt säästu saavutada oleks vähendada hoone keskmist sisetemperatuuri. Sellegipoolest tuleb arvesse võtta, et mõned elanikud soovivad 23°C keskmist temperatuuri ja teised 21°C, kuid see on investeeringu vaba ning lihtsaim muudatus. Järgmine variant oleks koostada energiatõhususe analüüs, kas hoone erinevad osad on ühtlaselt kōetud ja küttesüsteem tasakaalus. Suuretõenaosusega on esimesed soovitusel, et vahetada aknaid, kui esineb soojuslekked ehituspraagist või muuta kütteradiaatorite suurus. Taolised investeeringud on suured ja ajamahukad, kuid üks võimalus oleks lisada korteritesse ajamiga termostaat ventiilid ja temperatuuri andurid. Viimane mainitud lahendus samuti ei ole ideaalne variant, kuna esialgne tehtav investeering on suur. Lisaks on vaja eelnevalt teha kindlaks, kas hoone kesksesse automaatika süsteemi on võimalik nii palju erinevaid ventiile ja andureid ühendada. Automaatika kontrolleri väljavahetamine on juba suur investeering, mida on korteri omanikele raske selgitada, kuna antud kulutuse abil ei ole võimalik otseselt kokkuhoida vaid on üks osa suuremast investeeringust. Peale kõiki eelmainitud variante on veel võimalus investeerida automaatikasse, mis kasutaks ilmaprognoosi ja selle abil vältida üle- ja alakütmist. Praegusel hetkel ainuke ettevõtte Eestis, kes pakub taolist teenust kortermaja süsteemiga liitmiseks on Profener OÜ. Profener OÜ turustab ja paigaldab Ouman Oy seadmeid. Oumani seadmetest, mida on võimalik kasutada on "Ouman Block". Praegusel hetkel ei saa antud kujul juhtimine väga suurt kõlapinda, kuna pigem keskendutakse renoveeritavate hoonete soojustamisele, kui soojussõlme keerulisemale ja energiasäästlikumale juhtimisele.

Korterelamu nr. 4 puhul on protsentuaalne energiakulu kokkuhoid väike, kõigest 0,8%. Mida väiksem protsentuaalne suurus, seda raskem on antud eesmärki saavutada. Antud hoone puhul on võimalik rahaline suurus, mida juhtimiselt säästa võrreldes teiste hoonetega sobilik, kuid hoone juhtimine on praeguses seades väga efektiivne ning muutus oleks väike. Soojussõlme reguleerimisest tulenev kulu kokkuhoid oleks sarnaselt korterelamu nr. 3 lihtsasti saavutatav. Alandades keskmine sisetemperatuur 21°C tasemele ning jättes soojussõlme juhtimine samaks oleks võimalik kaugküttekulult säästa  $547 - 123 = 424\text{€}$ .

Vastavas olukorras tuleks kasutada päikese energiat ja kütta kortereid vähem. Sellegipoolest on graafikutelt näha (vt. Lisa 3, joonis 4.17.1, 4.18.1, 4.19.1 ja 4.20.1), et sisetemperatuuri taset on võimalik keskmiselt veelgi langetada, millest tulenevalt saavutada kütteenergialt säästu.

Järgnev võimalus vastavale süsteemile oleks paigaldada individuaalsed temperatuuriandurid praeguse nelja erineva korteri keskmise temperatuuri asemel. See looks võimaluse kontrollida hoone küttesüsteemi tasakaalustatust ning vajadusel teostada lisa investeering, et saavutada parim energiasääst olemasoleva küttesüsteemiga. Vastav lisa investeering suure tõenäosusega sisaldaks mõnede radiaatorite vahetust ja akende soojuspidavuse parandust. Järgnev samm oleks sarnaselt eelnevatele hoonetele, paigaldada radiaatoritele ajamitega reguleeriviilid, mis on juhitavad hooneautomaatikasüsteemist. Reguleeriviilid tekitaksid olukorra, kus kõiki kortereid juhitakse individuaalselt, kuid antud juhtimisviis ei ole võimalik ilma küttesüsteemi ümberehitamiseta. Hoones on kasutusel iganenud ühetorusüsteem. Ühetorusüsteemi puhul, ei ole võimalik individuaalselt juhtida erinevaid radiaatoreid, kuna sel juhul keeratakse kinni ka samas torustiku püstikus asuvad järgnevad radiaatorid. Kahetorusüsteemi puhul ei muuda ühe radiaatori reguleerimine püstiku kütteeve tsirkulatsiooni. Torustiku ümberehitusest odavam variant oleks veel kasutusele võtta automaatika süsteem, mis kasutab ennatliku reguleerimist. Ennatliku reguleerimise puhul tuleks sisenditena kasutada välistemperatuuri ja päikese kiirguse prognoosi.

Olenemata sellest, et hoones on kasutusel iganenud ühetorusüsteem, reageerib küttesüsteemi automaatika välistemperatuuri muutustele väga edukalt. Korteries kasvab sisetemperatuur kõrgeks vaid kõrge tasemega päikese kiirguse korral. Soojussõlme automaatika programmide ülevaatamisel ja muutmisel peaks olema võimalik saavutada antud ülekütmise arvelt märgatav võit. Kuna antud energia säästu saavutamiseks on vajalik investeerimiseks vaid minimaalne rahahulk on see kõige kiirem ja lihtsam viis.

## **6. Soojussõlmede juhtimissüsteemid, mis võimaldavad stabiliseerida sisetemperatuuri vältimaks „ülekütmist“**

Kaugkütel elamutel on soojuse vastuvõtmiseks hoone sisevõrku kasutusel soojussõlmed. Vastuvõetava soojuse kogust reguleeritakse soojussõlmes üldjuhul välistemperatuuri alusel. Antud juhtimisviisiga saab teostada ainult järelreguleerimist, kuid ei ole võimalik kasutada ennetust. Selleks et teostada kütte ennetavat juhtimist on võimalik kasutada ilmaprognoosi. Ilmaprognoosi puhul kasutatakse välistemperatuuri ja päikese kiirguse andmeid. Eestis on võimalik kasutada kahe ettevõtte teenuseid. Esimene ettevõtte eGain on pärit Rootsist ja pakub täisteenust, ehk vajaminev juhtimine teostatakse täiendatud välistemperatuuri anduri abil. Selle abil antakse soojussõlme automaatikale antakse ette juhtimiskeskuses arvutatud virtuaalne välistemperatuur, mis võtab arvesse hoone eripära ja ilmaprognoosi. Teine ettevõtte Ouman on pärit Soomest ning pakub nii hooldusteenust, kui ka ennetuslikuks juhtimiseks vastavat teenust. Antud ennetava juhtimise teostamiseks on vaja seotada kliendil vastavad automaatika seadmed ning sel viisil teha ühekordne investeering. Ettevõtte eGain puhul tuleb samuti teostada ühekordne investeering, kuid oluliselt väiksem, kuna ei soetata terveid automaatika kilpe. Sellest tulenevalt on ettevõtte eGain ühekordne investeering väiksem, kuid teenustasud oluliselt kõrgemad. Ettevõttel Ouman on ühekordne investeering suur, kuid teenustasud väiksemad.

### **6.1. Juhtimislahendus firmalt eGain**

Ettevõtte eGain asutati 2002. aastal Rootsis. Samal aastal juba paigaldati nende esimesed seadmed erinevatesse hoonetesse. Antud ettevõttel on üle 30 aastane kogemus tegeledes hoonete energia probleemidega. eGain pakub kinnisvara omanikele teenust vähendamaks küttekulusi nende toote *eGain forecasting* kujul. *eGain forecasting* pakub klientidele meeldivat siseruumi kliimat ja selle abil vähendatakse õhku paisatavaid CO<sub>2</sub> osakeste hulka. Ettevõtte alustalaks ja arenduse alguseks sai Prof. Roger Taesleri, koostöös Thorbjörn Geiseri ja Stefan Berglundiga, kes aitasid väljatöötata ENLOSS matemaatilise energia tasakaalu mudeli Rootsi Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituudile. Praegusel hetkel töötavad mõlemad, nii hr.Geiser, kui ka hr.Berglund eGain Sweden AB's. Vastavat mudelit hakati tutvustama ja kasutama 1980ndatel aastatel. Aastaks 2011 on suudetud *eGain forecasting* meetodit kasutada rohkem, kui 10 millionil ruutmeetril hoonete köetaval pinnal. Selleks hetkeks oli ettevõttel palgatud vaid

24 töötajat. Mõõdistatud andmete põhjal väidab ettevõtte, et aastas on suudetud keskmiselt hoonetes vähendada soojuse küttekulusi 10- 15 kWh/m<sup>2</sup> kohta. Praegusel hetkel on *eGain forecasting* kasutusel kõikides Euroopa põhjamaades välja arvatud Norra. Lisaks on kasutusel antud teenus Baltimaades ja Poolas. Praegusel hetkel ei ole veel suudetud laiendada teistesse Ida-Euroopa maadesse. Lähitulevikus soovitakse laiendada Hiina turule, milles nähakse võimalust avada uus peatükk ettevõtte laiendamises. Ilmaprognoosi abil üritatakse võimalikult täpselt ennustada soojuse vajadust hoones. Kõik vajalikud arvutused teostatakse internetis väljatöötatud komplektsete algoritmide abil. Vastavates arvutustes võetakse arvesse hoone sisetemperatuuri, hetkelist välistemperatuuri ja niiskust, prognoositavat välistemperatuuri, prognoositavat tuule tugevust ja suunda ning päikesepaiste intensiivsust. Arvutatud ja töödeldud andmed saadetakse GPRS või GSM võrgu vahendusel reaaliajas vastuvõtjatesse, mis asuvad hoones. Hoones olev vastuvõtja juhivad saadud andmete põhjal soojussõlme seadmeid. Reaaliajas andmete saatmine võimaldab vajadusel teha kiireid muudatusi hetkelises seadistuses, kui ilmaprognoos on muutunud viimasest andmete saatmise hetkest. Andmete uuendamine toimub iga 6 tunni tagant, mis tagab võimalikult täpse juhtimisviisi. Igal andmete uuendamisel laetakse ülesse tulevase 5 päeva seaded, et vältida GPRS või GSM mooduli rikket küttesüsteemi juhtimise puudumist. *eGain* kõikide seadmete rikke olukorral töötab hoone küttesüsteem oma varasema seadistusega edasi ehk nagu vastvad seadmeid ei olekski ühendatud. Hoone iseärasustega ja tarbimisega tutvumiseks kaardistatakse hoones toimuvad igapäevased temperatuurilised ja suhtelise niiskuse kõikumised enne süsteemi töö alustamist ning kõikide seadmete paigaldust. Peale *eGain forecast* süsteemi töö alustamist võib kesta seadistamis periood 6 kuust kuni 1 aastani. Seadistamise perioodil üritatakse hoida siseruumides võimalikult stabiilset ja meeldivat sisetemperatuuri sealsele elanikele samal ajal vähendades küttesüsteemi tarbimist soojusvõrgust. Kuna uute andmete laadimine toimub seadmetesse interneti vahendusel on antud süsteemi tarkvara iseõppiv. Lisaks tuleviku erinevatele ilmaprognoosidele arvestab tarkvara ka minevikus mõõdetud andmeid. Taoline lahendus aitab vältida eelnevalt mõõdistatud suure sisetemperatuuri ja suhtelise niiskuse kõikumist järgneva sarnase ilmaprognoosi ning mõõdetavate parameetrite korral. Süsteemi iseõppimisfunktsioon toimib suures osas sarnaste mustrite äratundmisel. Ajaloolistele andmetele tuginedes viiakse sisse vajalikud muudatused küttekõveratel. Hoone küttesüsteemi lastakse vajadusel kõrgema või madalama temperatuuriga vesi [19].

## 6.2.eGain seadmed

Ettevõttel eGainil on kasutusel põhiliselt kaks seadet- ruumikliima logija ja väliskeskkonna andur. Ruumikliima logija “eGain sense” koosneb väikestest juhtmevabadest anduritest, mis tagavad katkematu info ruumis oleva temperatuuri ja niiskuse kohta. Antud logija edastab infot temperatuuri ja niiskuse kohta iga tunni tagant. “eGain sense” on võimalik ühildada lisaks neli eraldi andurit, mis mõõdavad erinevates kohtades sama infot. Näiteks tavapäraselt kasutatakse lisaks ruumikeskkonna jälgimisele, andmete kogumist kütteradiaatori pinnatemperatuuri kohta. Taolisel meetodil on võimalik kindlaks teha, kas õige kogus soojust jõuab erinevatesse maja osadesse. Väliskeskkonna andur on sarnane ruumisisekliima mõõdistuseks mõeldud anduriga. Väliskeskkonna anduritel on lisaks ümber veekindel kest, vältimaks niiskuse kahjustusi sademete korral. eGain ühildatakse hoone olemasoleva soojussõlme automaatikaga *eGain forecast receiver* (andmete vastuvõtja) kaudu. Antud vastuvõtjale saadetakse andmeid automaatselt eGain pilve süsteemide vahendusel kasutades mobiilset interneti (GSM/3G). Vastuvõtja ühendatakse soojussõlme välistemperatuurianduri asemele. eGain ilmaennustus algoritmid arvutavad ilmajaamadelt saadud andmete põhjal asukoha põhiselt välja võimalikud tulevased väliskeskkonna tingimused (temperatuur, niiskus, päikese intensiivsus, sademed, tuule tugevus ja suund). Arvutatud võimalikud tingimused edastatakse iga 6 tunni järel hoone vastuvõtjale. Tulevaste väliskeskkonna muutuste põhjal edastatakse soojussõlmele info välistemperatuuri kujul. Soojussõlm tõlgendab antud infot, kui reaalajas muutust välistemperatuuris ja lisab soojust torustikku või vähendab küttesoojushulka hoones. Antud meetodil välditakse hoone üle- või alakütmist ning hoitakse sisetemperatuuri võimalikult ühtlasena, mis omakorda tähendab elanikule ühtlast temperatuuri ja head elukeskkonda. Ühtlase temperatuuri hoidmine väljendub madalamas küttekulus ja väiksemas rahalises väljaminekus.



*Joonis 6.2.1 eGain sisetemperatuuri logger*



*Joonis 6.2.2 eGain välistemperatuuri andur*



### **6.3.eGain sihtgrupp**

eGain sihtgrupiks on Eestis põhiliselt üle 15 aasta tagasi ehitatud vähemalt 30 korteriga korterelamud. Antud hoonetel ei ole tõenäoliselt tänapäevast soojussõlme koos automaatikaga. Taolistel juhtudel toimub soojussõlmede juhtimine ühe välistemperatuurianduri põhjal. Kõige kasulikum on antud ettevõtte poolt pakutav teenus ühetoru küttesüsteemiga kortermajadel, kus esimese korruse elanikel on kütteperioodil liialt kõrge toa temperatuur ja viimastel korrustel on liial madal toa temperatuur. Sel juhul üritatakse viia temperatuurid hoones võimalikult ühtlaseks vältides kõrvalekaldeid soovitud sisetemperatuurist. Teenuse maksuvus ~30 korteriga kortermajal Eestis on 0,46€/m<sup>2</sup>. Hinnanguline tasuvusperiood kortermajal on üks aasta. Keskmiselt suudab teenus kokkuhoida ühetoru- küttesüsteemiga majadel küttearvelt ~20€/m<sup>2</sup>.

### **6.4.Ehitajate tee 111, korterelamu nr. 1 Tallinnas**

Ehitajate tee 111 hoone valmis 1984 viimase majana samal perioodil ehitatud kolmest kortermajast (Ehitajate tee 111, 113, 115). Hoonesse rajati 65 korterit. Sealsete elanike sõnul, kes on antud hoones elanud alates ehitusjärgsest ajast, ehitati korterimaja kahest teisest hoonest viimasena ning sellekäigus kasutati võimalikult palju eelnevalt valminud majade ehitusmaterjalide ülejääke. Sel põhjusel on 20 aastat hiljem ilmnenud mitmeid puudujääke betoonkonstruktsioonides, nimelt seinapaneelides. Sõltumatu ekspertiisi tulemuse põhjal leiti, et hoone seinapaneelid ei vasta 1984. aasta standarditele ja on kohati tootmispraak ning ei oleks tohtud ehitusel kasutada. Ehituspraagi tagajärjel mõõdeti üksikute ruumide sisetemperatuuriks talveperioodil 10°C. Antud ruumide puhul soojustati välisseinad seest poolt, muutes ruumid elamiskõlblikuks, küll paraku mitte tänapäevastele standarditele.

Korterelamu liitus eGain ettevõtte teenustega 2008 aastal saades vajalike andmeid enne rekonstrueerimist ning alustati kütelt säästmist juba enne soojustamist. 2013 aastal kasutas korterite ühistu laenu abil võimalust ja telliti ehitusfirma, kelle poolt soojustati koguhoone väljaspoolt. Soojustamise käigus kaeti hoone olemasolev välisfassaad 100mm paksuse soojustusekihiga. 100mm soojustuse kiht paraku ei vasta 2017 aasta ehitusnõetele, tagamaks energiaklassi B. Välisfassadide soojustuse tootja Isover soovitab kasutada passiivlahenduste puhul 240mm paksust soojustuskihti, loomulikult kasutades nende tooteid. Sellegipoolest sellest juhindudes tuleks minu arvates kasutada vähemalt 200mm paksust soojustust kihti, millele lisaks peale kantakse krohvikihid. B energiamärgise saamiseks peab hoone energia

tõhususarv (ETA) olema vahemikus  $101 \leq \text{ETA} \leq 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , kuid praegusel hetkel jääb see vahemiku:  $151 \leq \text{ETA} \leq 180 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  [20][21].

Hoone korterite ühistu alustas tööd 2016 aastal uue renoveerimise jaoks, mille käigus vahetada välja iganenud soojussõlm, uuendada kütetorustikud ja soojustada osaliselt hoonet, mis jäi eelneva renoveerimise projektist välja. Katuse alused laed on vaja täielikult soojustada vastavalt ehitusnormidele. Katuse alune jäi 2013 rekonstrueerimise käigus soojustamata. Enne renoveerimist on hoones 26 kütetorustiku püstikut, kuid kogu hoone radiaatorite võrgustik on lahendatud ühetoruselise süsteemiga. Antud süsteemi kasutamisel on selle suurimaks puuduseks alumiste korruste korterite kõrge sisetemperatuur ja ülemiste korruste korterite madal sisetemperatuur. Renoveerimise käigus vahetatakse ühetoru-süsteem kahetoru-süsteemi vastu välja. Lisaks olemasolevad malm radiaatorid asendatakse kaasaegsete alumiinium radiaatoritega, millel on võimalus ka reguleerida küttesoojuse läbivoolu hulka ehk kasutatakse termostaate. Ühistule pakuti koos uute radiaatoritega ka värskeõhuklappide paigaldamist, kuid ei soovitud välisfassaadi rikkuda aukudega ning hinnati klappidest saadav kasu liigväikeseks võrreldes rahalise finatseerimise hulgaga. Renoveerimise käigus soovitakse ka hoone madalat energiamärgise klassi tõsta, mille käigus muutuksid korterelamu korterid hinnalisemaks uutele elanikele. Praegu on hoone hinnatud vääriliseks energiaklassile D. Lisaks soojussõlme uuendamisele paigaldatakse lisaks küttesõlme paisupaak, mille abil loodetakse katta järsul välistemperatuuri langusel süsteemis tekkivaid puudujääke. Küttesüsteemi sisenev kütteevee temperatuur on  $55^\circ\text{C}$ .

Hoone korterite ühistu maksab aastas eGain teenuse, eest teenustasu 1400€. Sellegipoolest esmane investeering oli märkimisväärne summa ühistujaoks, kuna osteti eGainilt kõik andurid ja vajalik automaatika. Ettevõtte poolt õeldi, et esimene aasta ei pruugi tulla tasuvuselt hea aasta, kuid ühistu juhatuse sõnul oli esimese kütteperioodi kokkuvõid piisavalt suur, et katta täielikult andurite ning teenustasu maksumus.

## 6.5. Juhtimislahendus firmalt Ouman Oy

Ouman Oy on peamine eGaini konkurent soojussõlmede tarkjuhtimise vallas. Ouman on Soome kontsern, mis järk-järgult laieneb Läänemere piirkonnas, kus põhiliselt keskendutakse hoonete automatiseerimisele ja energiatõhususele. Ouman on alati tegutsenud hoone automaatika valdkonnas, nende edulugu sai alguse 1980-ndate lõpul, kui firma omanik edukalt disainis esimese temperatuuri regulaatori elumajadele. Ettevõtte sai laiemale üldsusele tuntuks, kui alustati seadmete ja süsteemide pakkumist ka suurematele hoonetele. Teised seadmete tootjad ja konkurendid hakkasid huvitundma firma oskusteabe kohta ning see tõttu laienedi OEM-teenuste valdkonda (OEM- *original equipment manufacturer* ehk algne seadmete tootja). Alustati seadmete tootmist teistele ettevõtetele, kes müüsid nende seadmeid enda nimega. Tänapäeval pakub Ouman ka energiasäästuteenuseid. Firmal on 12 filiaali eri linnades, 4 müügikontorit ning kaks tootmistehast, millest üks tehas asub Saaremaal Kuressaares. Kõige viimased edulood väljaspool Skandinaaviat on Türgis ja Kazakstanis.

Ouman arendab ja toodab aastas hinnanguliselt 1,2 miljonit targamaja toodet, väikestest regulaatoritest, kuni täieliku hoone juhtimissüsteemini, mida saab kasutada ja juhtida pilve vahendusel. Oumani seadmeid põhiliselt kasutatakse Põhja-Euroopas, karmist kliimast tulenevalt on seadmed valmistatud väga karmidele nõuetele ja vastupidavusele, et need töötaksid ka karmis kliimas laitmatult. Oumanil on ühed kõige nõudlikumad järelkontrolli laborid, mis asuvad põhja regioonis. Suurepärase kokkusobivus eelduseks on, et kõik tooted on kompleksed ja omavahel kokkusobivad. Kõikide toodete omavahelisel kokkusobimisel saab iga kliendi jaoks koostada täpselt õige suurusega süsteemi. Samuti saab hoone renoveerimise käigus juba teenust kasutada, iga lisatav automaatika osa ühildub varem paigaldatuga [22].

## 6.6. Ouman seadmed

Ouman Ouflex on vabalt programmeeritav ja DIN-latile kinnituv hooneautomaatika süsteem, mis on mõeldud seadmete juhtimiseks ja jälgimiseks. Antud seadmel on kasutusel 34 sisend-väljund punkti, kiire andmevahetus kiirus ning kohaliku võrgu võimalused. Antud seadmel on ekraani osa eemaldatav ja sisend- väljund punkte saab juurde lisada. Lisa punkte saab lisada laiendusmoodulite abil, mis on ühendatakse eraldi seadmetena kontrolleri juurde [22].



*Joonis 6.6.1 Ouman Ouflex kontrolleri [22]*

Ouman Block on mõeldud spetsiaalselt korterelamute jaoks. Ouman Block sisaldab juhtimismeetodit, mis kasutab ilmaennustust, kus kompenseerib sisetemperatuuri vastavalt saadud ennustusele. Lisaks mõõdistatakse sisetemperatuuri. Antud süsteemis puuduvad sarnaselt ettevõtte eGain lahendusele keerukad ilmavaatlus andurid, kuna andmed saadetakse seadmesse interneti vahendusel. Antud juhul võetakse lisaks arvesse päevasel ajal päikese poolt talletatud soojust hoone konstruktsioonis, millest tulenevalt vähendatakse öist kütteperioodi. Tänu taolisele lahendusele välditakse ülekütmist ning kasutatakse võimalikult palju ümbritsevat keskkonda [21].



***Joonis 6.6.2 Ouman WL-TEMP-RH juhtmevaba sisetemperatuuri ja niiskuse andur [22]***



***Joonis 6.6.3 Ouman TMO välistemperatuuri andur [22]***

## **6.7.Ouman sihtgrupp**

Ettevõtte Ouman põhilisteks sihtgruppideks on korterelamud, mille ühistu on avaldanud soovi uuendada soojussõlme automaatikat või ehitada täielikult uus süsteem. Antud juhul kasutatakse soojussõlme juhtimiseks Ouman'i automaatika seadmeid ja süsteemi. Lisaks suudetakse integreeruda erinevate tootjate soojuspumpadega. Ouman'i seadmeid paigaldatakse nii uutesse hoonetesse, kui ka aastaid tagasi ehitatud majadesse. Ouman süsteemi on võimalik paigaldada, ka eramusse, kuid antud juhul on nii keeruka süsteemi jaoks investeringu tasuvusaeg liialt pikk. Praegusel hetkel on Eestis enim kasutatud Ouman Oy seadmeid renoveeritavatel hoonetel.

## Lõputöö kokkuvõte

Käesoleva töö eesmärk on uurida erinevate mõnedes korterelamutes reaalselt mõõdetud kulude ja sisetemperatuuri alusel kui palju on võimalik soojusõlme juhtimise ja reguleerimise abil vähendada soojuse kulu küttele, kuid samas tagades vastavalt sisekliima standardile nõutavad mugavustingimused.

Euroopa Liidus püstitatakse järk järgult kõrgemaid eesmärke seoses hoonete energiatõhususega. Soovitakse suurendada netonullenergia- ja liginullenergiahoonete ehituse ning kavandamise hulka. Seoses antud kavandusega on saanud väga aktuaalseks hoonete energiatõhusus. Tulenevalt *Majandus- ja taristuministri 30. aprilli 2015. a. määrus nr. 36* on lisaks rekonstrueeritud hoonetel nõutud vastavus energiamärgisele "C". Antud energiamärgise saavutamiseks vajab lisaks hoone fassaadile rekonstrueerimist küttesüsteem koos kaugkütte vastuvõtu seadmega ehk soojussõlmega. Küttesüsteemide juhtimine peab olema täpne ja küttekarakteristikud koos parameetritega paikapandud nii, et kõetakse hoonet energiatõhusalt. Praegusel hetkel on suureks probleemiks madala energiatõhususega korterelamud, mis on ehitatud rohkem kui 20 aastat tagasi. Antud hoonetel puudub ventilatsiooni süsteem, soojussõlm koos juhtkomponentidega ja ülejäänud küttesüsteem on iganenud, lisaks on hoone fassaad amortiseerunud ning katusealune pind soojustamata. Taoliste hoonete puhul otsitakse võimalusi, kuidas ja mis suurusjärgus investeeringuga oleks võimalik saavutada võimalikult madalad küttekulud, kuid samas saavutades stabiilne sisetemperatuur. Hoones olevat keskmist temperatuuri tuleb hoida võimalikult 21°C lähedal. Antud viisil tagatakse võimalikult madalad energiakulud ning inimestel on meeldiv sisekliima. Tihti on probleemiks stabiilse ja ühtse sisetemperatuuri hoidmine terves hoones.

Korterelamu nr. 2 sisetemperatuuri dünaamikat analüüsid selgus, kui palju on korterite sisetemperatuur mõjutatud nende asetusest hoones. Sarnaselt välistemperatuurile on korterid mõjutatud ka päikese kiirgusest. Kõige rohkem on päikese summaarsest kiirgusest mõjutatud lõunapoolsete ilmakaarte akendega eluruumid, kus sisetemperatuur muutub kütte ja päikese koosmõjul. Taolisi kõikumisi sisetemperatuurides oleks võimalik vähendada kaasates soojusõlme juhtimisloogikasse ilmaprognoosi info. Ilmaprognoosi abil (välistemperatuur ja päikese summaarne kiirgus) on võimalik ennustada võimalikke sisetemperatuuri muutusi. Põhiline rahaline kokkuvõtte on võimalik saavutada teatades ette välistemperatuuride tõuse, kus tihti toimub eluruumide ülekütmine. Kõige väiksema rahalise investeeringuga saavutatav kütte kokkuvõtte tuleneb hoone keskmise sisetemperatuuri langetamisest. Sellegipoolest tuleb

arvesse võtta, et eluruumides elavad inimesed on erinevad, iga inimene soovib erinevat sisetemperatuuri, mille abil jõuame omakorda jälle olukorrani, kus hoone küttesüsteem ei ole tasakaalus.

Korterelamu nr. 3 sisetemperatuuri dünaamikat analüüsidis oli näha sarnaseid tulemusi eelnevale korterelamule. Kuna tegemist on võrdlemisi uue hoonega, siis oodatult ei olnud sisetemperatuur nii palju mõjutatud välistemperatuurist. Antud hoones mõõdetud sisetemperatuuri tase oli suhteliselt kõrge kõikidel vaadeldud ajavahemikel. Lisaks võttes arvesse, et andur on paigaldatud kõigest 0,5 meetri kõrgusele.

Korterelamu nr. 4 sisetemperatuuri dünaamikat analüüsidis täheldasin, et kahekontuuriline küttesüsteemi jaotus hoones on väga kasulik. Hoone sisetemperatuuri reageerimine väliskliima muutustele on oluliselt väiksem, mis omakorda väljendub küttele kuluvas energias. Kitsaskohti antud soojussõlme juhtimise juures täheldasin kõrge päikese summaarse kiirguse korral. Taolistes olukordades kasvas ühel poolel hoonest keskmine temperatuur 1°C võrra kõrgemale. Sellegipoolest oli nähtav juhtimisviisi tõhusus. Olenemata sellest, et hoones on kasutusel iganenud ühetorusüsteem, reageerib küttesüsteemi automaatika välistemperatuuri muutustele väga edukalt. Korterites kasvab sisetemperatuur kõrgeks vaid kõrge tasemega päikese kiirguse korral.

Kulukokkuhoiu analüüs põhineb kolme anonüümse korterelamu sisetemperatuuri andmetel, kus lisaks võeti aluseks antud töös teostatud temperatuuri dünaamika analüüs. Kõikide hoonete puhul täheldasin, et nii juhtimiselt kui ka soojussõlme reguleerimise abil on võimalik säästa kuue kuu lõikes (oktoober-märts) kaugküttekuludelt. Korterelamu nr. 2 puhul oli keskmiseks protsentuaalseks kulukokkuhoiuks soojussõlme juhtimiselt 2,2%. Antud suurus näitab, kui palju on võimalik säästa kaugküttekulult juhtides soojussõlme nii, et sisetemperatuur on stabiilne ning kõikumised puuduvad. 2,2% erinevus väljendub 351€ suuruses säästus. Sisetemperatuuri hoidmisel 21°C tasemel oleks olnud võimalik säästa 1,5%. Vastava protsendi saavutamiseks on vaja langetada keskmine sisetemperatuur 21°C tasemele ja samas ka juhtida soojussõlme nii, et kõikumine oleks minimaalne. Selline protsentuaalne sääst oleks väljendunud 245€ suuruses kokkuhoius. Esimene viis, kus ainult juhitakse, jääb elanikele sama sisetemperatuur nagu praegusel hetkel ehk analüüsitud perioodide miinimum temperatuurid. Teine viis hõlmab endas ka sisetemperatuuri langetamist 21°C tasemele. Korterelamu nr. 2 puhul oli esimene viis säästlikum, kuna hoone keskmine temperatuur oli madalam, kui 21°C.

Antud hoone puhul oleks parim lahendus kasutusele võtta ennatlik juhtimisviis, kus kasutatakse ära ilmaprognoosi sisetemperatuuri hoidmiseks.

Korterelamu nr. 3 puhul keskmiseks võimalikuks energia säästuks soojusõlme juhtimise abil oleks 2,9%, mis väljenduks potentsiaalselt kaugkütte arvel ühel kütteperioodil (oktoober-märts) 104€ väiksema numbriga. Soojussõlme reguleerimisest võimalik keskmine energia kokkuhoiu hulk oleks 9,8%, mis väljenduks ühe kütteperioodi peale kokku 351€ väiksema summana. Antud hoone puhul langetades sisetemperatuur 21°C tasemele oleks võimalik saavutada ühe kütteperioodiga oluliselt madalamad küttekulud ilma lisainvesteeringuid tegemata. Võttes arvesse, et sisetemperatuuri langetades 21°C tasemele ning juhtimist mitte parendada, oleks reaalne raha kokkuhoid 247€. Antud suurus oleks ühel kütteperioodil 6,7% kogu kaugkütte maksumusest. Korterelamu nr. 3 puhul on soojussõlme juhtimine tõhus ja täpne, kuid vajaks veel lisisisendit ilmaprognoosile, mis aitaks temperatuuri hoidmist veelgi parendada.

Korterelamu nr. 4 puhul keskmiseks võimalikuks energia säästuks soojusõlme juhtimise abil oleks 0,8%, mis väljenduks potentsiaalselt kaugkütte arvel 123€ väiksema numbriga. Soojussõlme reguleerimisest võimalik keskmine energia kokkuhoiu hulk oleks 3,6%, mis väljenduks ühe kütteperioodi peale kokku 547€ suuruse summana. Antud hoone puhul on näha, et soojussõlme juhtimine on väga tõhus, kuid sisetemperatuuri tasemed on liialt kõrged.

Alandades keskmine sisetemperatuur 21°C tasemele ning jättes soojussõlme juhtimine samaks, oleks võimalik kaugküttekulult säästa 424€. Kuna antud hoones on ikka kasutusel kütetorustike püstikutena ühetorusüsteem, siis säästetud raha tuleks investeerida küttesüsteemi uuendamisse.

Käesolevas töös teostatud analüüs näitas, et hoonete soojussõlmede juhtimine ei olnud täpne. Sisetemperatuuri stabiilsuse tulemused näitasid, et soojussõlme täpsema juhtimise abil on võimalik säästa küttekuludelt kuni 2,9% (kuue kuu peale, oktoober kuni märts). Vastav protsent kehtib korterelamu nr. 3 kohta. Korterelamu nr. 2 puhul sain juhtimiselt võimaliku kokkuhoiu suuruseks 2,2% ja korterelamu nr. 4 puhul 0,8%. Antud suurused näitavad, et kõikidel hoonetel ei ole tagatud ühesugune sääst, vastavad suurused sõltuvad hoonete konstruktsioonilisest, küttesüsteemi eripärasest. Samuti peab arvesse võtma hoone kasutusotstarvet, paiknemist ilmakaarte suhtes ja geograafilist asukohta. Sisetemperatuuri langetamise tulemused näitasid, et soojussõlme reguleerides on võimalik saavutada kuni 9,8% suurune sääst. Antud sääst on jälle korterelamu nr. 3 puhul, mis omakorda näitab, et sellel hoonel on võrreldes teiste

korterelamutega saavutada kõige suurem kulu sääst. Korterelamu nr. 3 toimub väga suur ülekütmine, millest oleks võimalik lihtsatel viisidel vabaneda. Korterelamu nr. 2 puhul oleks võimalik säästu suurus kuni 1,5% ning korterelamu nr. 4 puhul 3,6%. Kõige paremal tasemel soojussõlme stabiilsus on korterelamu nr. 4, kus antud tulemus on tingitud kahekontuurilisest küttesüsteemist, mille abil juhitakse kahte hoone poolt erinevalt.

Olenemata süsteemi ülesehitusest on esimeseks sammuks hoone temperatuuri stabiliseerimises küttesüsteemi tasakaalustamine. Valesuurustega küttekehade kasutamisel on raske teostada tõhusat küttejühtimist, kuna sisetemperatuur ei muutu oodatavalt, mille tagajärjel on hoone ühed osad soojemad või külmemad kui teised. Järgmiseks sammuks kaugkütte säästu saavutamiseks, on temperatuuriandurite koguse suurendamine ning nende jagamine võimalikult paljudesse hoonete osadesse, mis ei ole praegusel hetkel väga populaarne. Enamus hoonetes kasutatakse minimaalsel arvul andureid ehk 1-3. Praegusel hetkel on võimalik paigaldada vastavad andurid juhtmevabalt ehk kõiki andureid ei pea ostma korraga ja saab paigaldada nii pikal ajavahemikul, kui hoone omanik soovib. Vastavate andurite integreerimine juba olemasolevasse süsteemi toimub lihtsalt, kuna juhtimete paigaldus ei ole vajalik. Suure temperatuuriandurite kogusega tagatakse võimalikult stabiilne temperatuur hoone erinevates osades, kuigi peab arvesse võtma soojusliku inertsust ehk sisetemperatuur ei muutu kohe. Järgmiseks sammuks oleks kasutada ennetusliku soojussõlme juhtimist ehk ilmaprognoosi kasutamine. Vastav teenus ei ole Eestis tänasel hetkel eriti populaarne, kuid vastavat teenust on võimalik tarbida ettevõtete eGain ja Profener OÜ vahendusel. eGain puhul on vaja iga kuu või kord kvartalis tasuda teenustasu. Profener OÜ puhul on vajalik osta vajalikud seadmed ning tasuda väikest igakuist hooldustasu. eGain puhul saab klient täisteenus, kuid Profener OÜ puhul on vajalik uute seadmete soetamine ning nende programmeerimine. Kumbki teenus ei ole Eestis laialdaselt levinud. Veel viimaseks sammuks juhtimise tõhustamises oleks paigaldada igale küttekehale reguleeriv ventiil ajamiga ehk juhtida hooneautomaatikast kõiki ruume või kortereid eraldi vastavalt sisetemperatuurile. Antud lahendus eeldab vähemalt kahetoru küttesüsteemi.

Käesolev töö täitis ettenähtud eesmärged ja selle tulemused näitasid, et olenevalt hoone eripärast on võimalik küttekulu sääst. Töö probleem on tänasel päeval aktuaalne ning tõestas, et inimeste suurimat kommunaalkulu on võimalik oluliselt vähendada. Esmatähtis on hoonetes küttesüsteem tasakaalustada ja siis soojussõlme juhtimise parendamine erinevate seadmete või



juhtimisviiside abil. Antud tööd on võimalik edasi arendada teostades kuluanalüüsid täpsemate parameetritega ja arvutades lisaks erinevate seadmete soetamisel tasuvuseg.

# Kirjandus

- [1] A. Rant ja T.-A.Kõiv, "Hoonete küte," Tallinn: TTÜ KIRJASTUS, 2013.
- [2] E. Abel, H. Voll ja T.Tark, "Hoonete energia tarve ja sisekliima," Tallinn: OÜ Presshouse, 2014.
- [3] Uponor, "Pre-insulated pipes with hard PUR insulation," [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.fintherm.cz/ft-en/products>. [Kasutatud 16.12.2017].
- [4] T.Nussbaumber ja S.Thalmann, "Status Report on District Heating Systems in IEA Countries," Šveits, Zürich, 2014 [Võrgumaterjal]. Available: [http://www.ieabcc.nl/publications/IEA\\_Task32\\_DHS\\_Status\\_Report.pdf](http://www.ieabcc.nl/publications/IEA_Task32_DHS_Status_Report.pdf). [Kasutatud 15.03.2017].
- [5] L.Vali, "Kaugkütte energiasääst," Eesti Arengufond, 2013.
- [6] Majandus- ja taristuministri määrus nr 51, „Riigi Teataja,“ 1 juuli 2011. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/101072011020>. [Kasutatud 15.12.2017].
- [7] A.A. Tsynaeva, M.N. Nikitin, E.A. Tsynaeva, "The Technology of Automatic Control of Heat Consumption in Buildings," Procedia Engineering, 153, pp.785- 790, 2016.
- [8] Radiko, "Temperature regulator," [Võrgumaterjal]. Available: [http://radiko-radiator.ru/wp-content/uploads/2013/09/radiatornye\\_teploregulyatory\\_m-210x173.jpg](http://radiko-radiator.ru/wp-content/uploads/2013/09/radiatornye_teploregulyatory_m-210x173.jpg). [Kasutatud 16.12.2017]
- [9] Produal, "TEHR LL-N," [Võrgumaterjal]. Available: [http://www.produal.com/shop/web\\_temperature\\_transmitters/sku-1177191](http://www.produal.com/shop/web_temperature_transmitters/sku-1177191). [Kasutatud 16.12.2017]
- [10] Produal, "TEU LU," [Võrgumaterjal]. Available: [http://www.produal.com/shop/web\\_temperature\\_transmitters/sku-1179090](http://www.produal.com/shop/web_temperature_transmitters/sku-1179090). [Kasutatud 16.12.2017]
- [11] Frese, "Ventiilid," [Võrgumaterjal]. Available: <http://fev.ee/wp-content/uploads/OPTIMA-Compact-53-1302.png>. [Kasutatud 16.12.2017]

- [12] Hullokft, "Lemezses," [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.hullokft.hu/wp-content/uploads/2015/05/LemezsesH%C5%91cser%C3%A9l%C5%912.jpg>. [Kasutatud 16.12.2017]
- [13] Wikipedia, "Soojusvahetid," [Võrgumaterjal]. Available: [https://et.wikipedia.org/wiki/Soojusvaheti#/media/File:Tubular\\_heat\\_exchanger.png](https://et.wikipedia.org/wiki/Soojusvaheti#/media/File:Tubular_heat_exchanger.png). [Kasutatud 16.12.2017].
- [14] UK Exchangers, "Tube in tube heat exchangers," [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.uk-exchangers.com/heat-exchange-products/tube-in-tube-heat-exchangers/>. [Kasutatud 25.04.2017].
- [15] Kurose, "Spiral Heat Exchangers," [Võrgumaterjal]. Available: [http://www.kurose.co.jp/image/sh\\_f\\_013\\_e.png](http://www.kurose.co.jp/image/sh_f_013_e.png). [Kasutatud 16.12.2017].
- [16] Eesti Standardikeskus, "EVS-EN 15251:2007," Tallinn: Eesti Standardikeskus, 2007.
- [17] SA KredEx, „Kraadpäevad,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.kredex.ee/energiatohususest/kraadpaevad-4/>. [Kasutatud 14.10.2017].
- [18] E. Fedorova, magistritöö, "Soojuspumpade kasutamine kaugküttetarbijate juures," Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool, kevad 2017.
- [19] eGain Sweden AB, "eGain forecasting," [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.egain.se>. [Kasutatud 08.03.2017].
- [20] Isover Saint-Gobain, "Uusehitus, krohvitud soojustusega seinakonstruktsioon, passiivhitamine," [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.isover.ee/lahendused/uusehitus-krohvitud-soojustusega-seinakonstruktsioon-passiivhitamine>. [Kasutatud 01.10.2017].
- [21] Majandus- ja taristuministri määrus nr 36, „Riigi Teataja,“ 30 aprill 2015. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/106052015002?leiaKehtiv>. [Kasutatud 01.10.2017].
- [22] Ouman Oy, "Ouman Ouflex," [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.ouman.fi>. [Kasutatud 22.10.2017].

[23] Ouman Oy, "OumanBlock," [Võrgumaterjal]. Available:  
[http://lafipa.lv/files/assets/000/000/041/original/Ouman\\_Block\\_english\\_low.pdf?1392211375](http://lafipa.lv/files/assets/000/000/041/original/Ouman_Block_english_low.pdf?1392211375). [Kasutatud 17.11.2017].

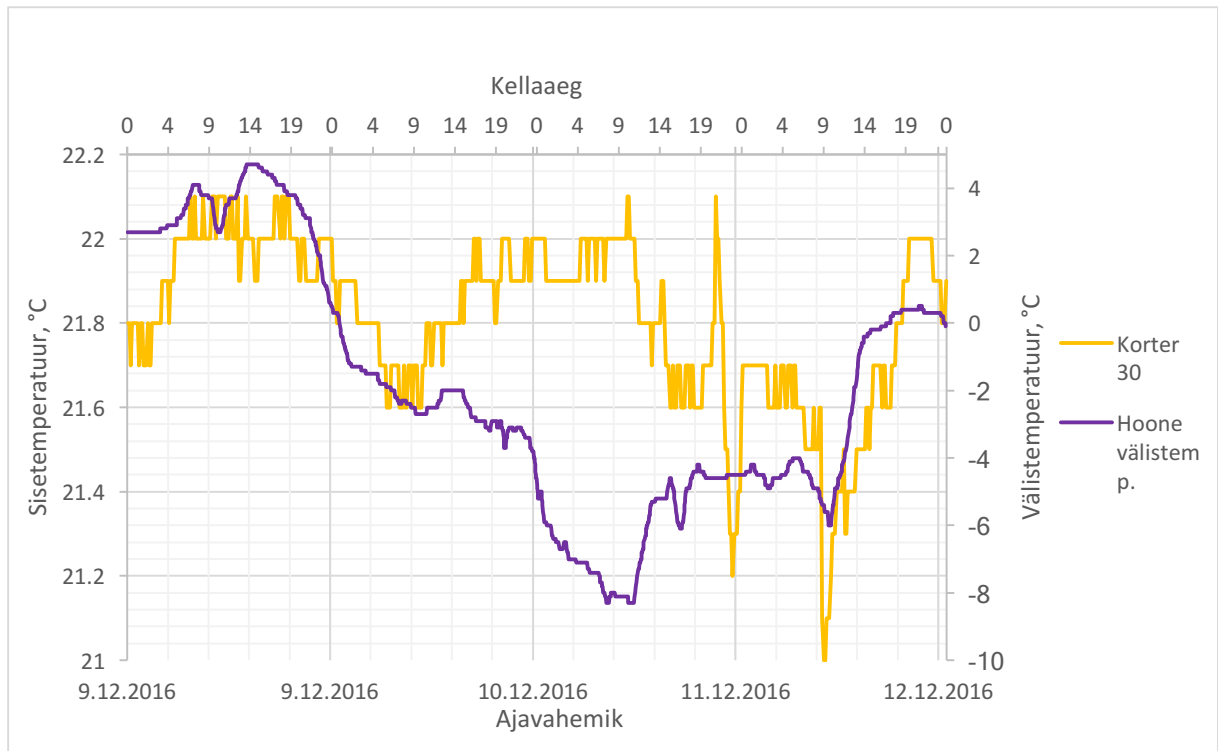
# Lisad

L.1. Korterelamu nr. 2 graafikud

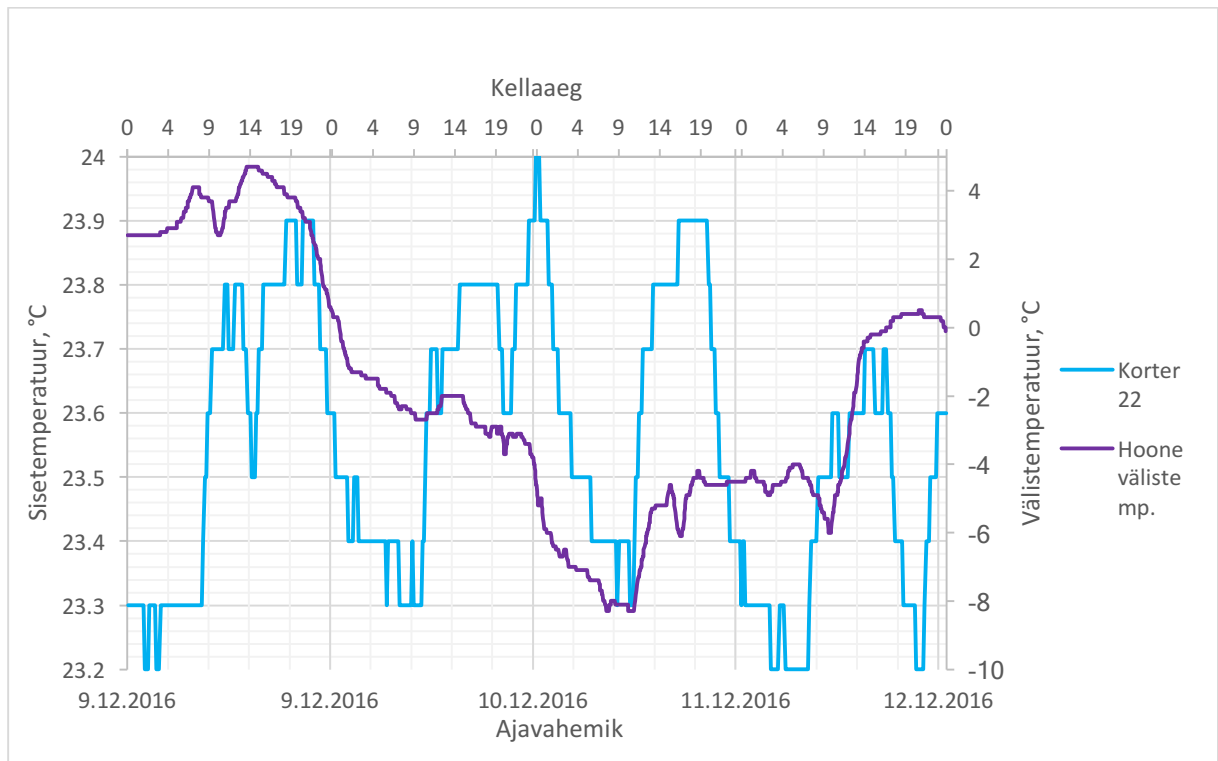
L.2. Korterelamu nr. 3 graafikud

L.3. Korterelamu nr. 4 graafikud

# LISA 1

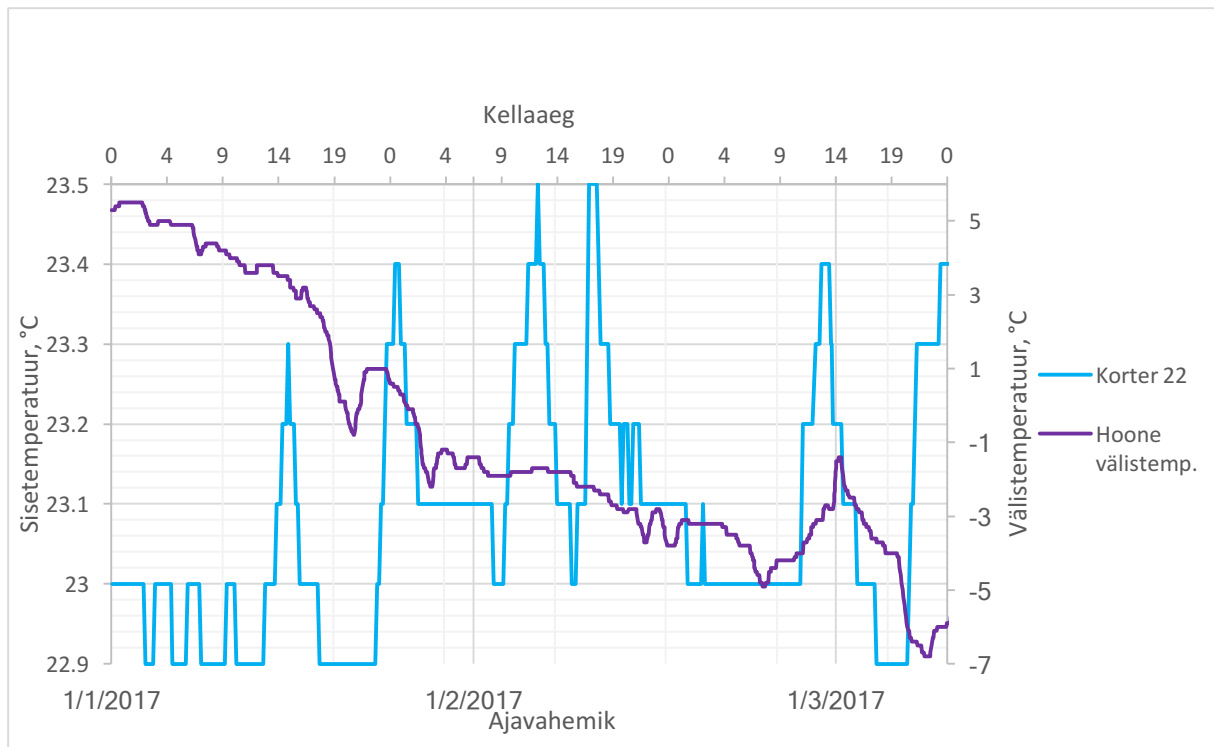


**Mõõdetud temperatuurid ajavahemikul 09.12.2016- 12.12.2016 korterelamu nr. 2 korteris nr. 30.**

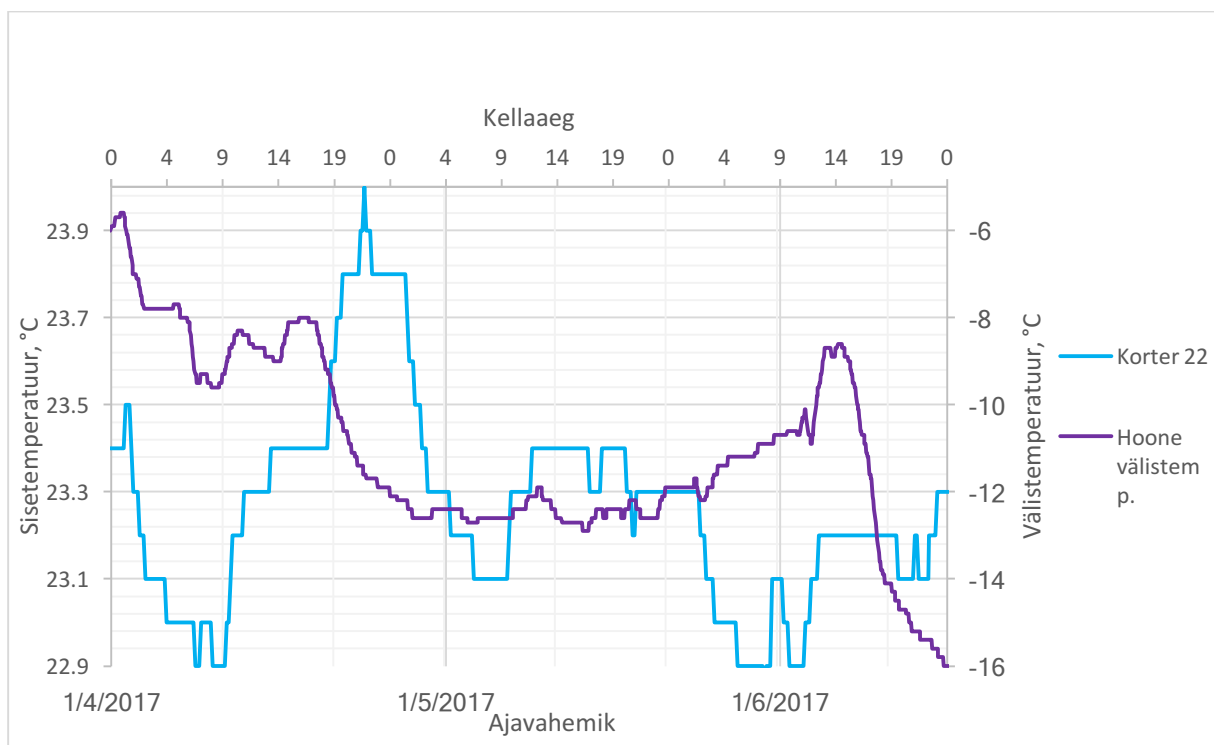


**Mõõdetud temperatuurid ajavahemikul 09.12.2016- 12.12.2016 korterelamu nr. 2 korteris nr. 22.**



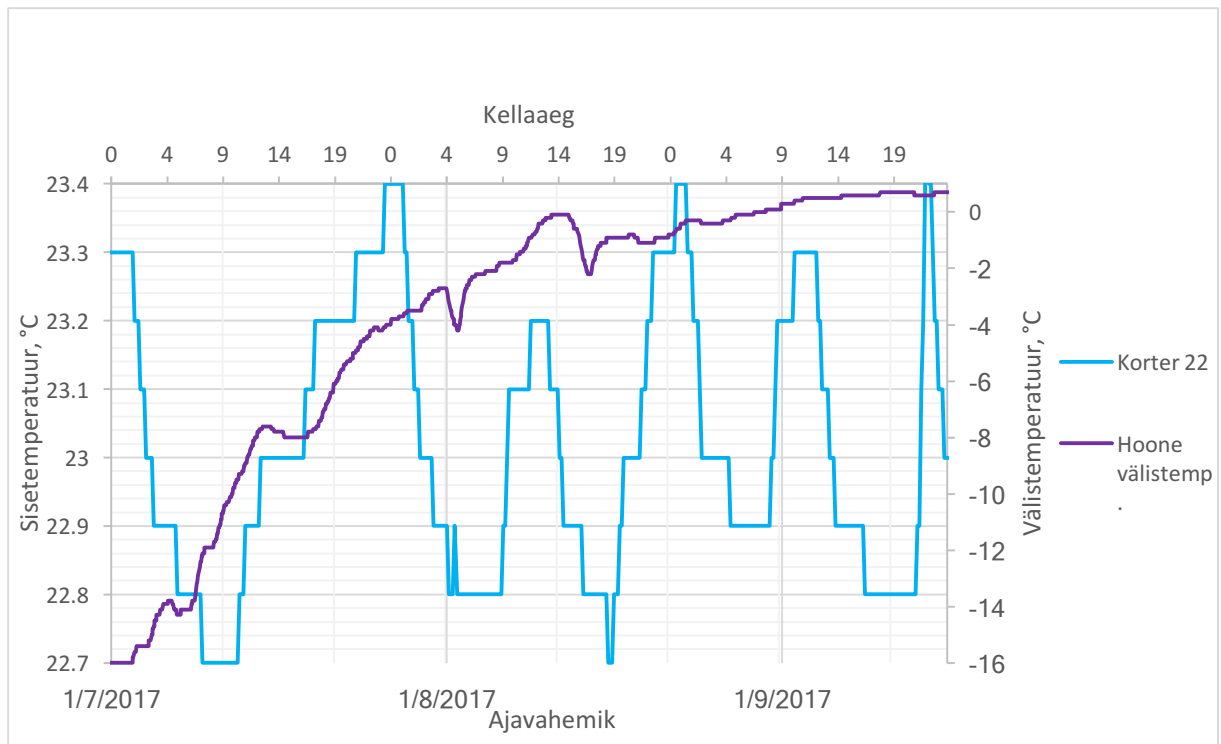


***Mõõdetud temperatuurid ajavahemikul 01.01.2017- 03.01.2017 korterelamu nr. 2 korteris nr. 22.***

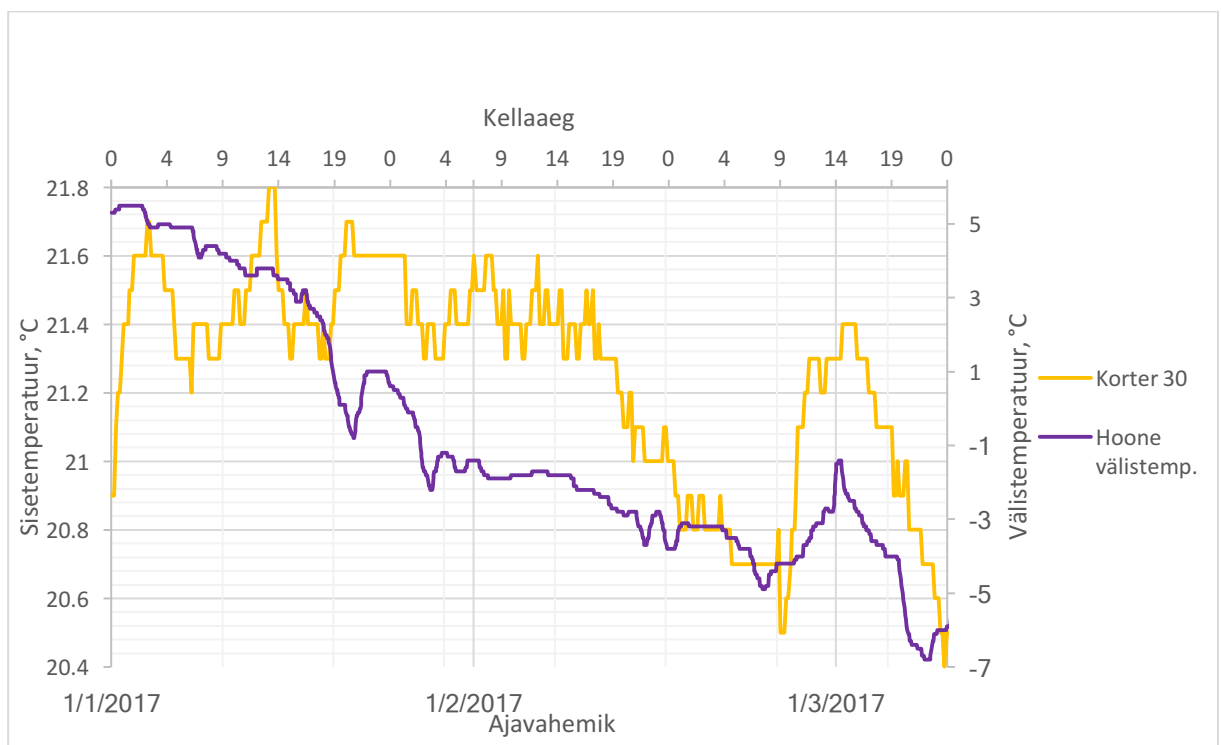


***Mõõdetud temperatuurid ajavahemikul 04.01.2017- 06.01.2017 korterelamu nr. 2 korteris nr. 22.***

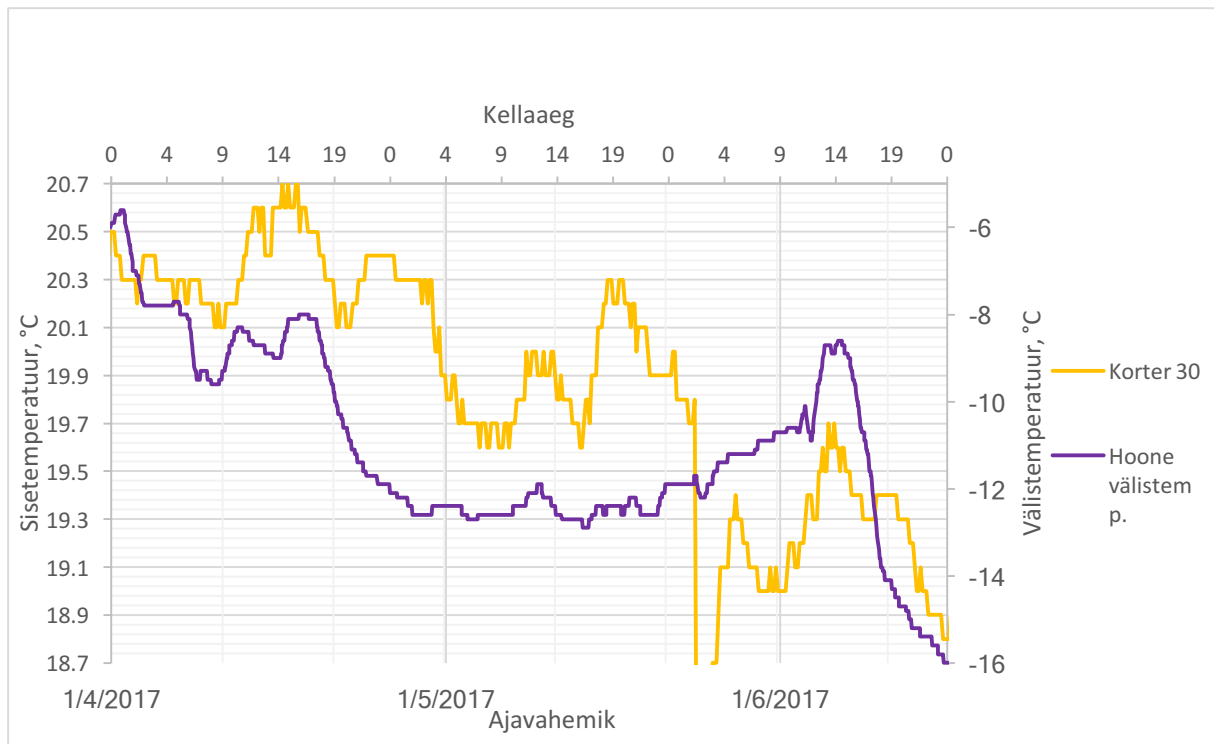




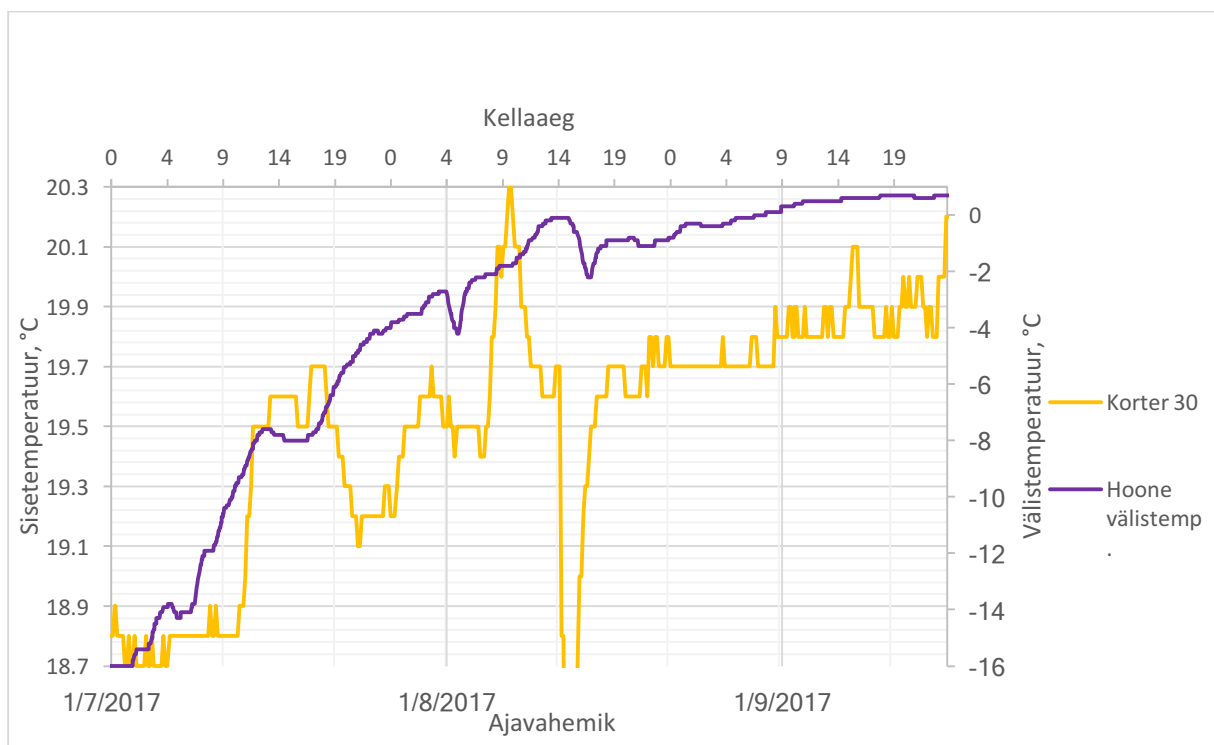
***Mõõdetud temperatuurid ajavahemikul 07.01.2017- 09.01.2017 korterelamu nr. 2 korteris nr. 22.***



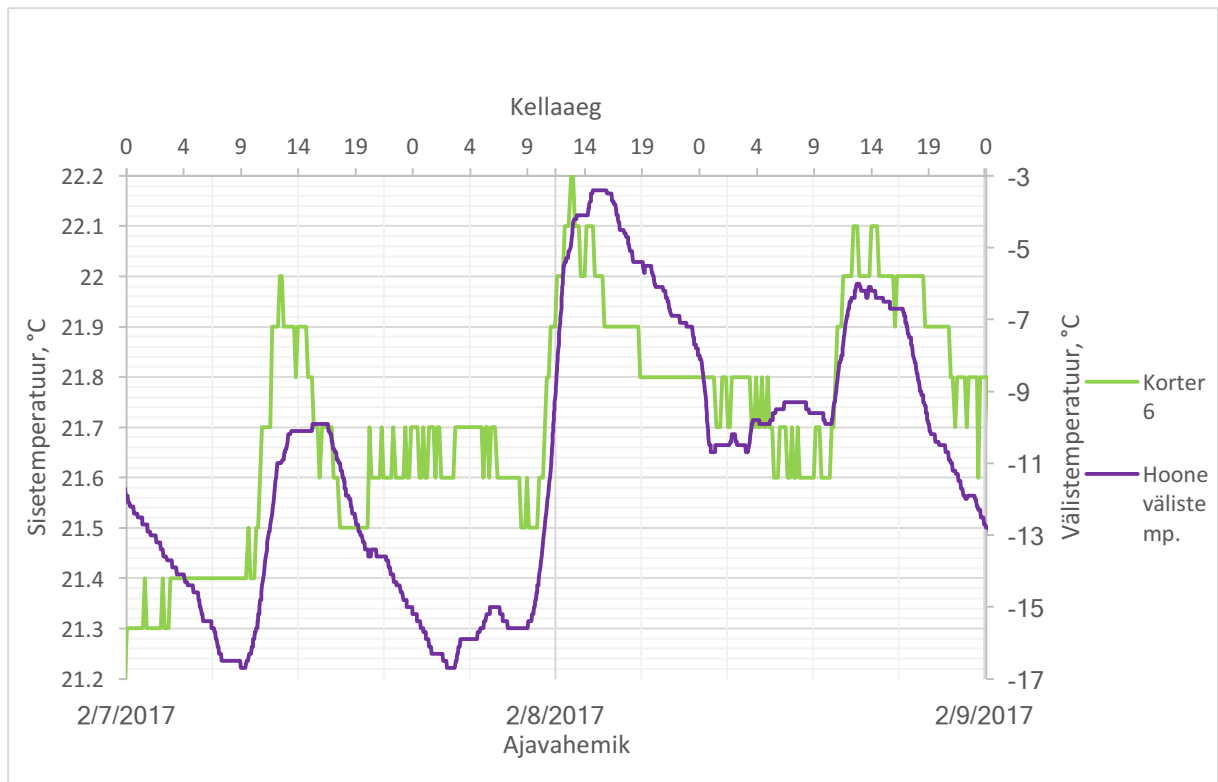
***Mõõdetud temperatuurid ajavahemikul 01.01.2017- 03.01.2017 korterelamu nr. 2 korteris nr. 30.***



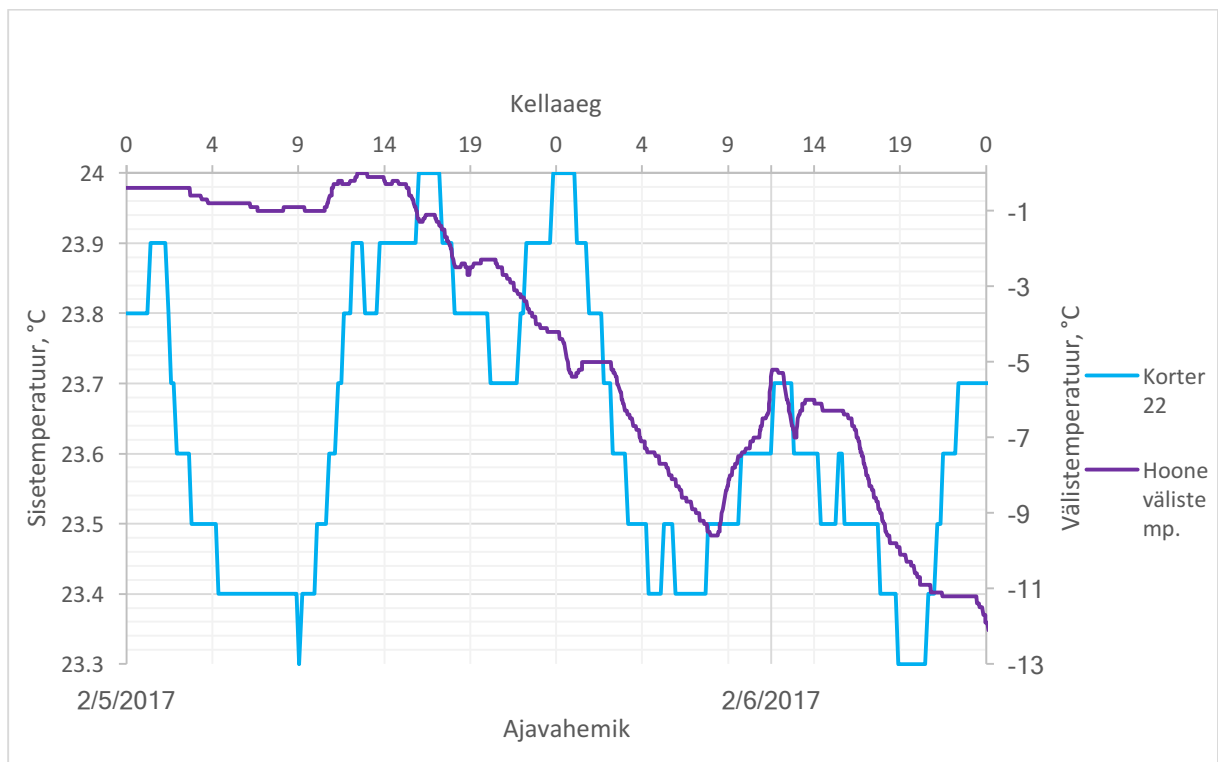
***Mõõdetud temperatuurid ajavahemikul 04.01.2017- 06.01.2017 korterelamu nr. 2 korteris nr. 30.***



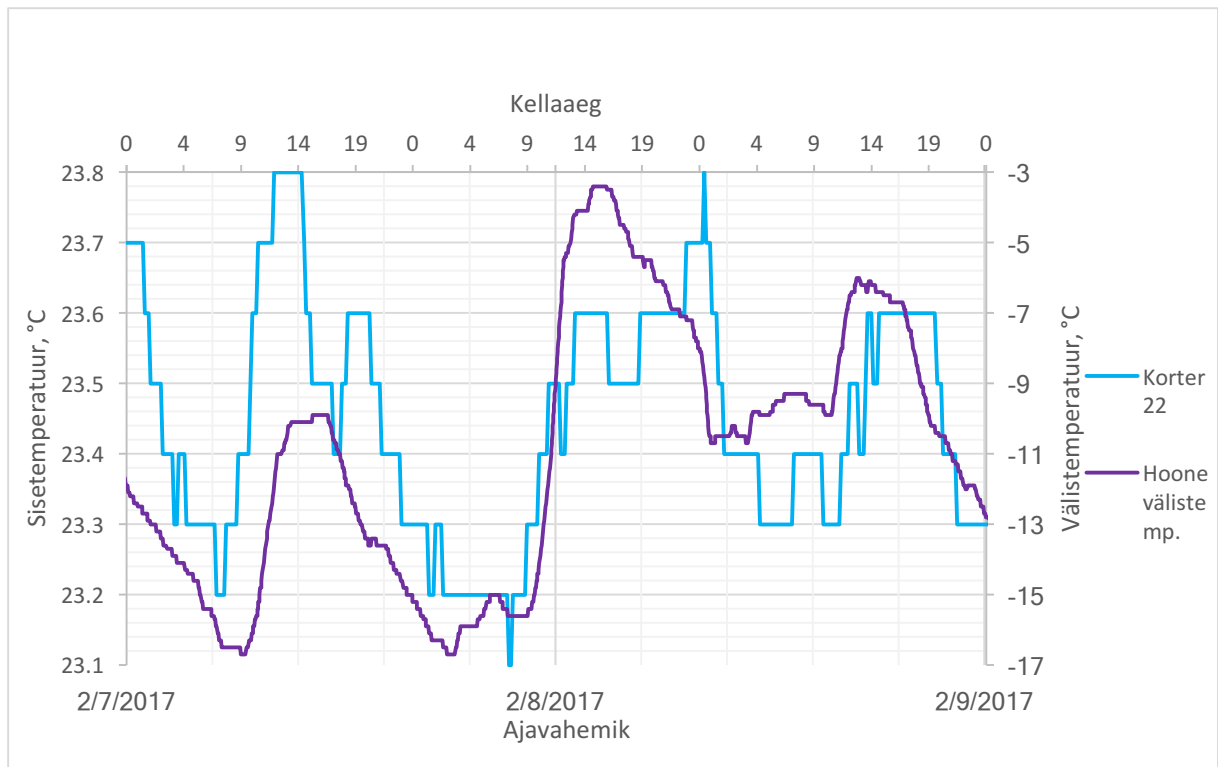
***Mõõdetud temperatuurid ajavahemikul 07.01.2017- 09.01.2017 korterelamu nr. 2 korteris nr. 30.***



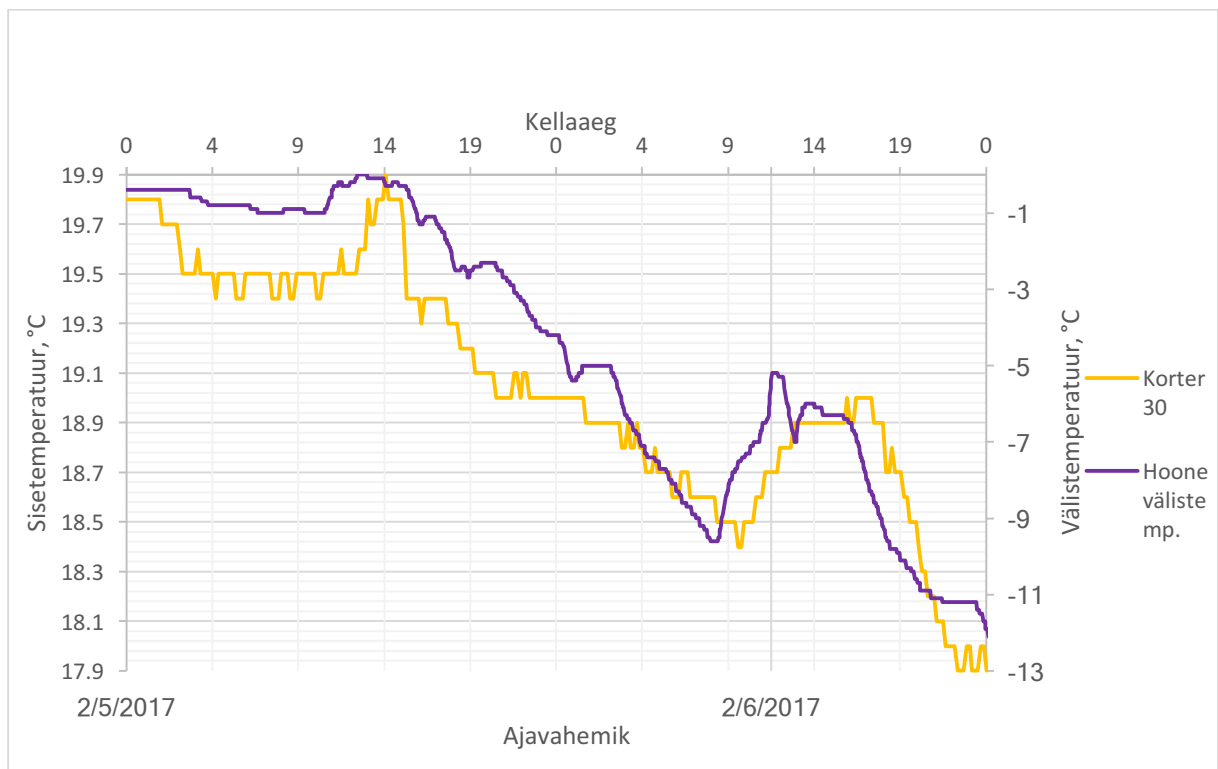
***Mõõdetud temperatuurid ajavahemikul 07.02.2017- 09.02.2017 korterelamu nr. 2 korteris nr. 6.***



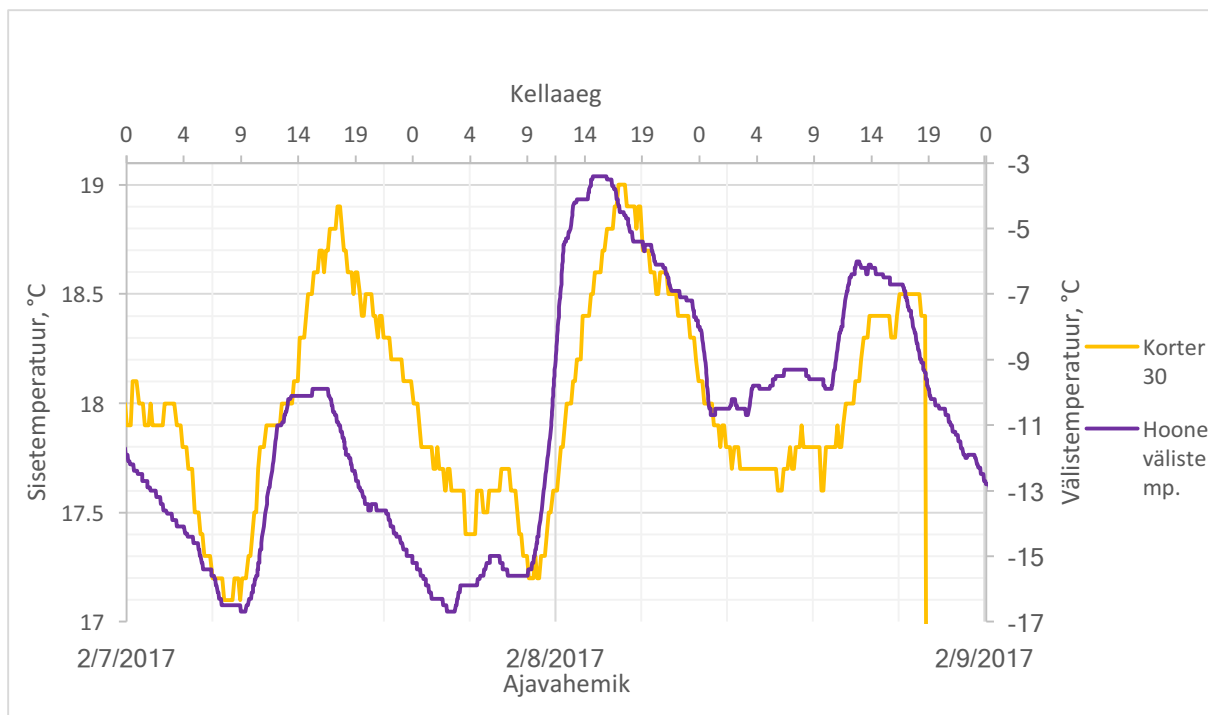
***Mõõdetud temperatuurid ajavahemikul 05.02.2017- 06.02.2017 korterelamu nr. 2 korteris nr. 22.***



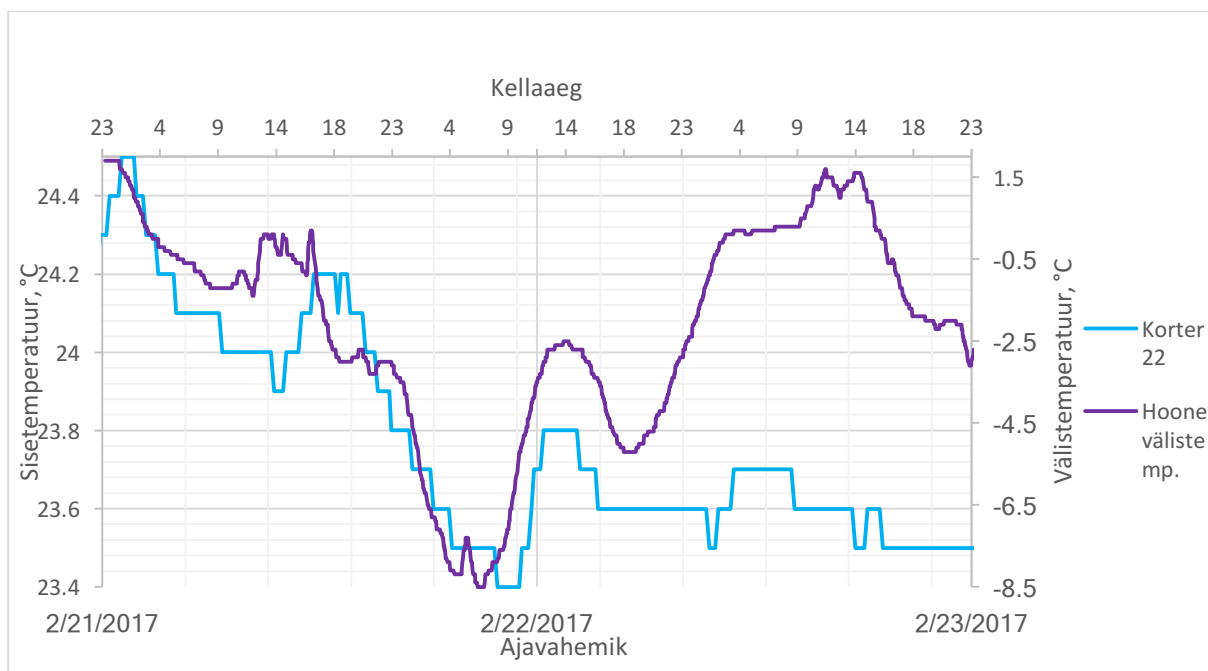
**Mõõdetud temperatuurid ajavahemikul 07.02.2017- 09.02.2017 korterelamu nr. 2 korteris nr. 22.**



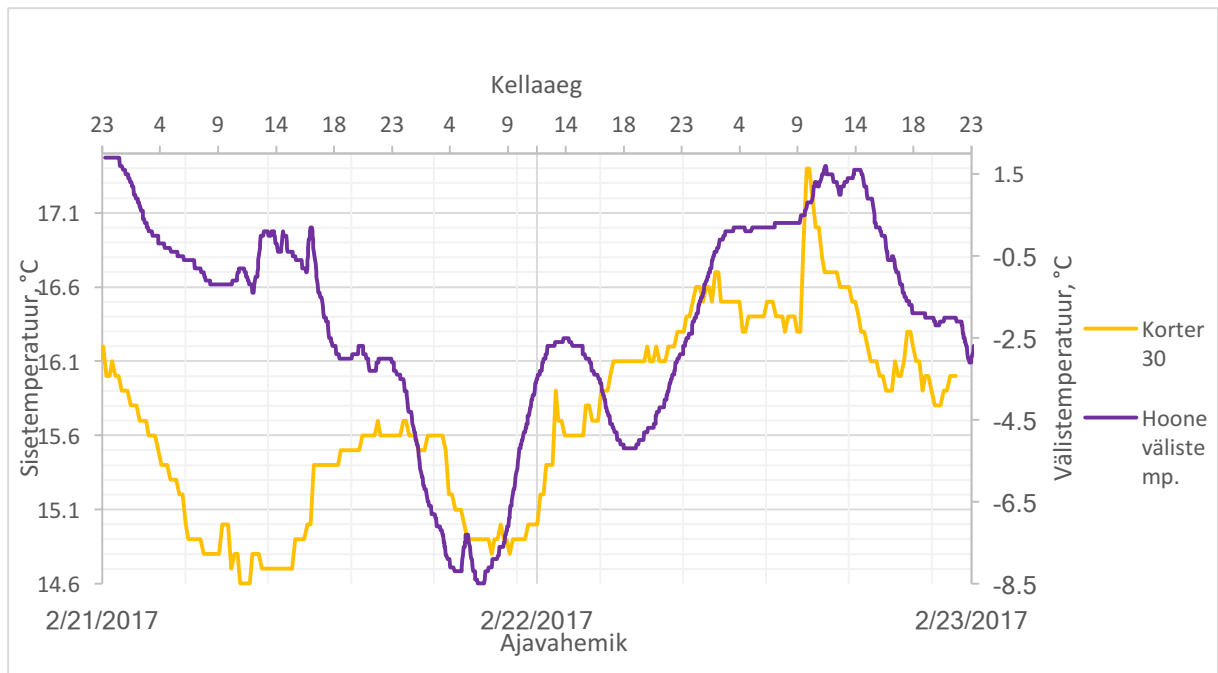
**Mõõdetud temperatuurid ajavahemikul 05.02.2017- 06.02.2017 korterelamu nr. 2 korteris nr. 30.**



**Mõõdetud temperatuurid ajavahemikul 07.02.2017- 09.02.2017 korterelamu nr. 2 korteris nr. 30.**

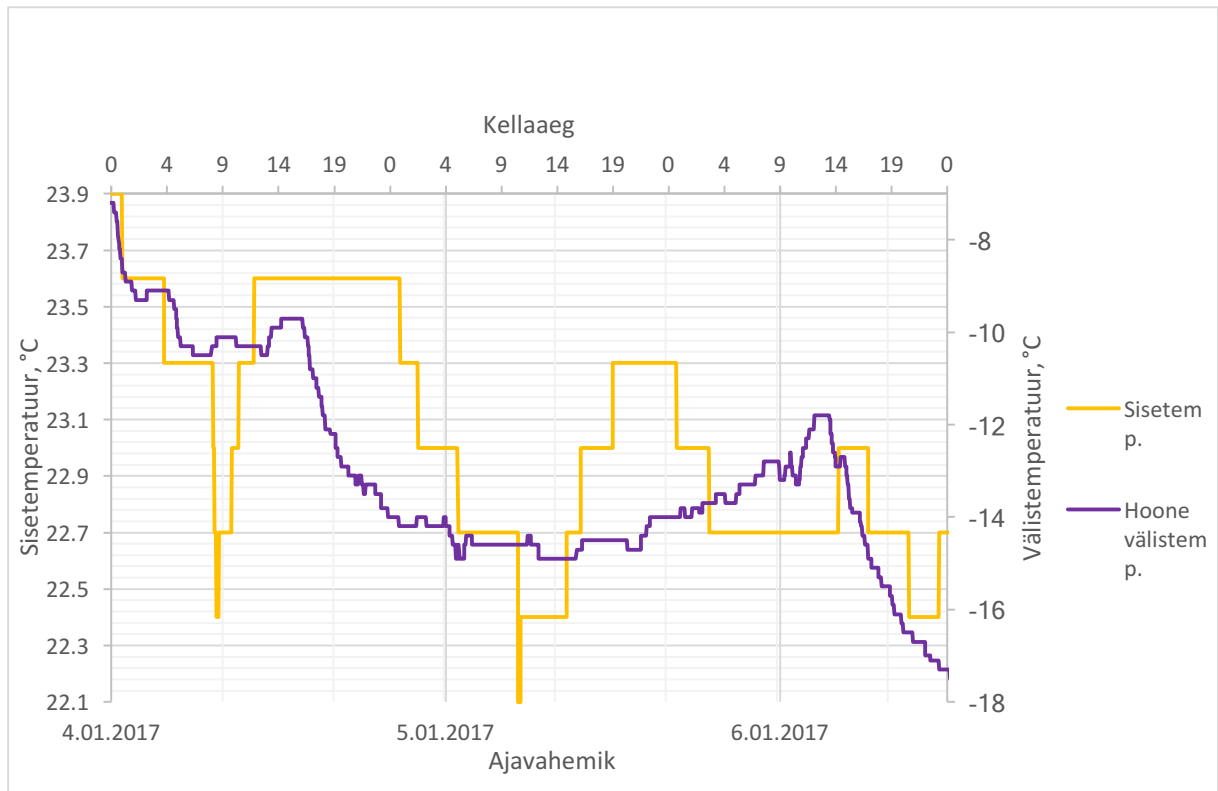


**Mõõdetud temperatuurid ajavahemikul 21.02.2017- 23.02.2017 korterelamu nr. 2 korteris nr. 22.**

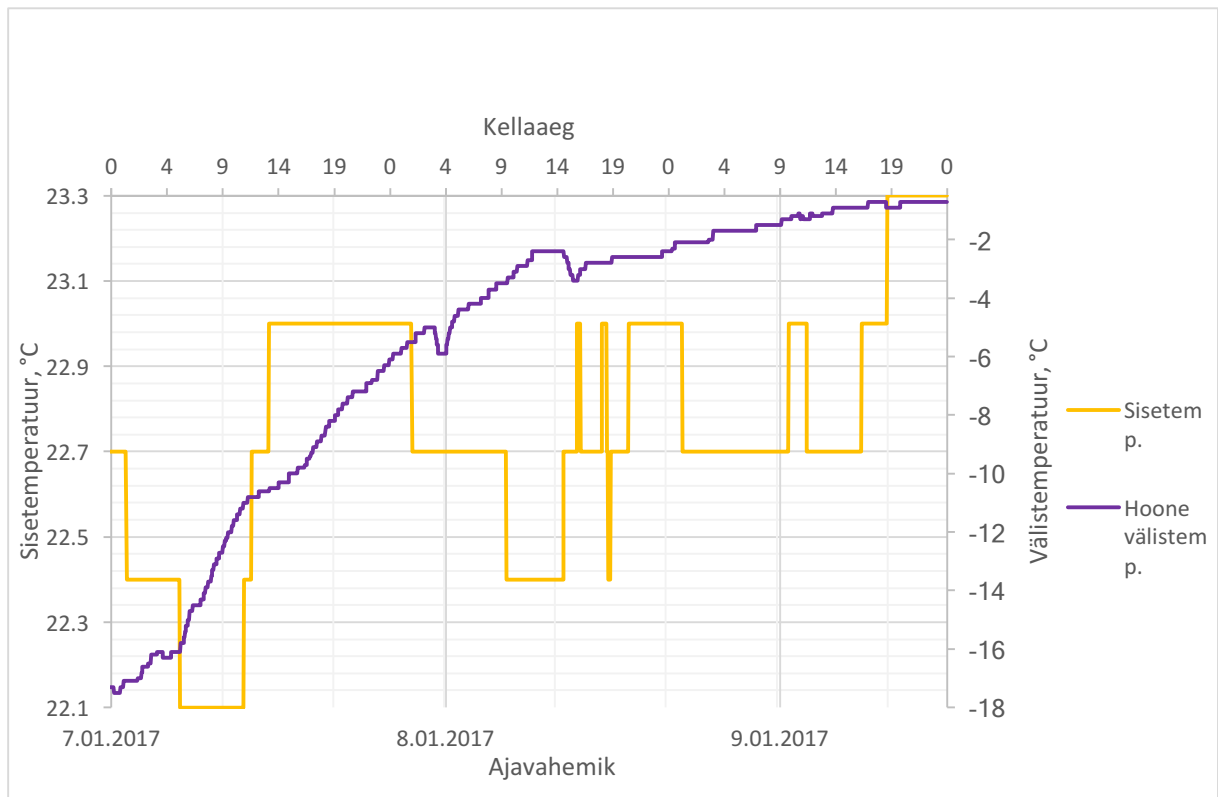


***Mõõdetud temperatuurid ajavahemikul 21.02.2017- 23.02.2017 korterelamu nr. 2 korteris nr. 30.***

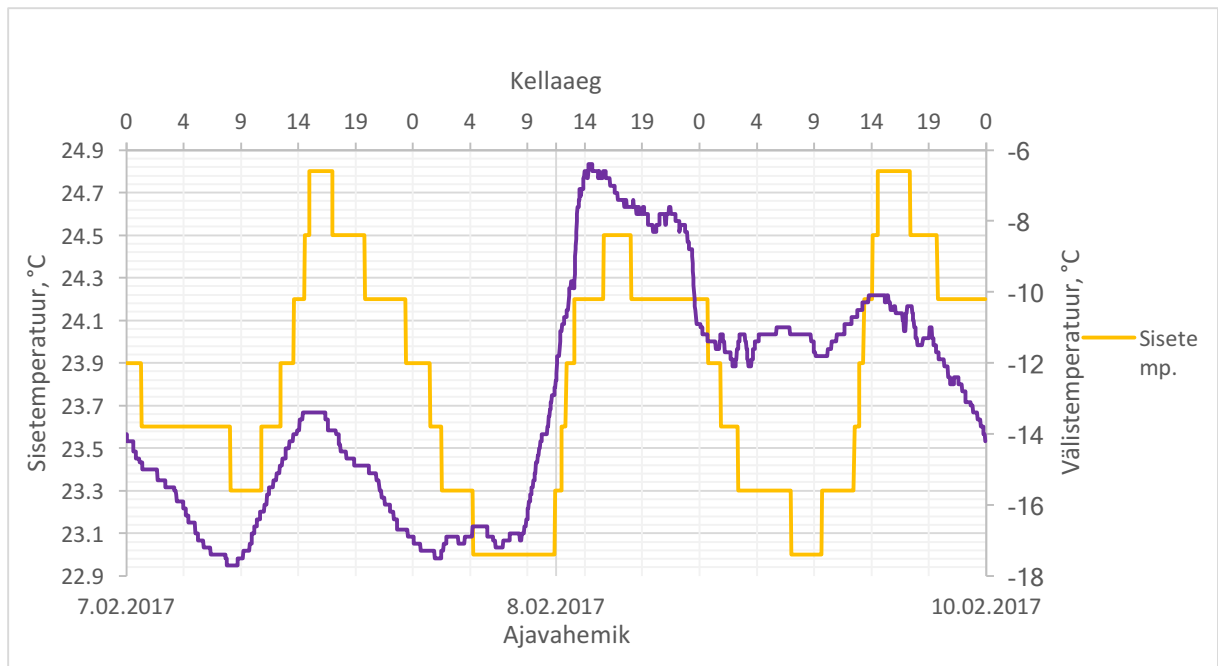
## LISA 2



*Mõõdetud temperatuurid ajavahemikul 04.01.2017- 06.01.2017 korterelamus nr. 3.*



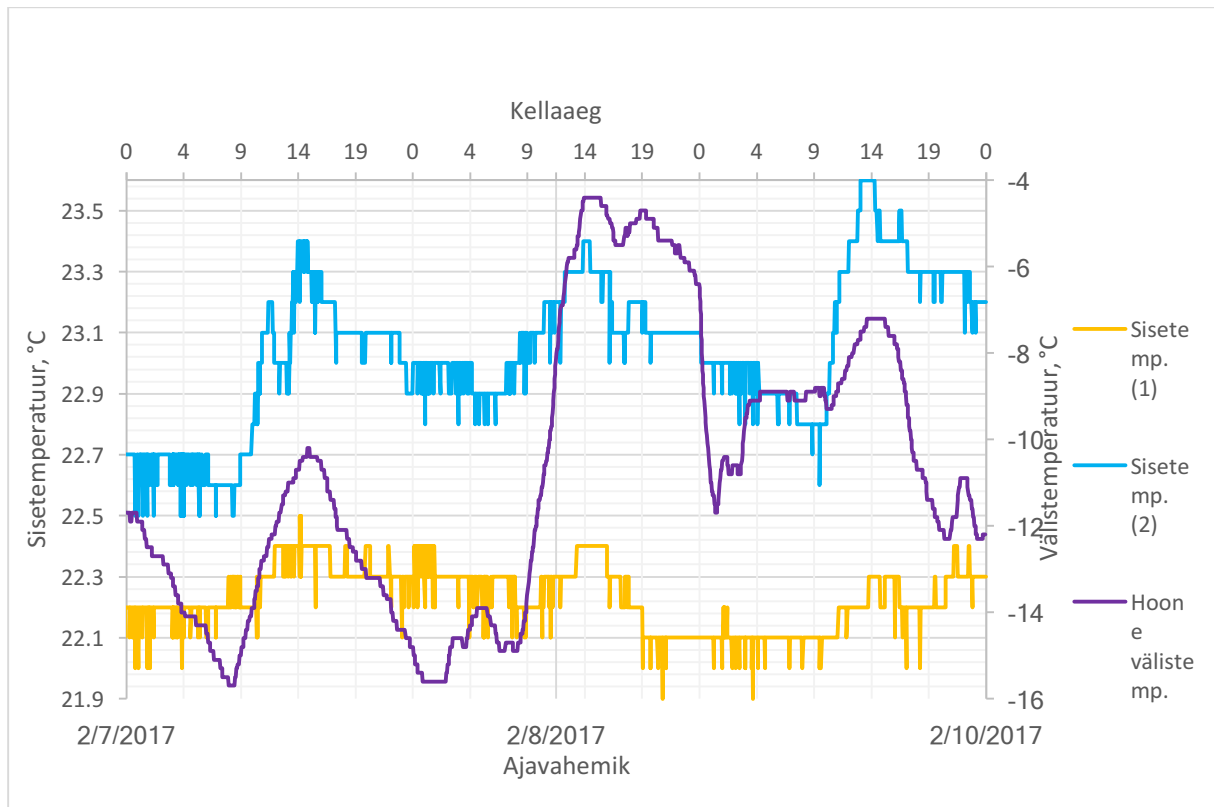
*Mõõdetud temperatuurid ajavahemikul 07.01.2017- 09.01.2017 korterelamus nr. 3.*



***Mõõdetud temperatuurid ajavahemikul 07.02.2017- 10.02.2017 korterelamus nr. 3.***



### LISA 3



*Mõõdetud temperatuurid ajavahemikul 07.02.2017- 10.02.2017 korterelamus nr. 4.*