



Maija Salama

Siirrettävien kaukolämpökeskusten automatiikan käytön optimointi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Konetekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

30.5.2022

Tiivistelmä

Tekijä:	Maija Salama
Otsikko:	Siirrettävien kaukolämpökeskusten automatiikan käytön optimointi
Sivumäärä:	19 sivua + 1 liite
Aika:	30.5.2022
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine:	Koneautomaatio
Ohjaajat:	Lehtori Heikki Paavilainen Kalustopäällikkö Hannu Johansson

Tämän opinnäytetyön tilaajana toimi Skanska Konevuokraus. Työn tavoitteena oli optimoida yrityksen käytössä olevien siirrettävien kaukolämpökeskusten automatiikan käyttöä yhdenmukaistamalla järjestelmää ja selkeyttämällä säätöjen merkitystä. Samalla pyrittiin luomaan tästä opinnäytetyöstä pohja perehdytysmateriaaliksi avaamalla kaukolämpökeskusten toimintaa ja tärkeimpiä komponentteja.

Automaatiojärjestelmän toiminnan kannalta merkittävimpien säätötoimenpiteiden, 5-piste säätökäyrän ja venttiilin PID-säädön, toimintaperiaatteita ja merkitystä avattiin teoreettiselta pohjalta. Järjestelmän yhdenmukaistamiseksi lähdettiin selvittämään tuotetarjoaja Oumanin automatiikan sopivuutta sellaisiin siirrettäviin kaukolämpökeskuksiin, joissa oli käytössä jokin muu automaatiojärjestelmä.

Opinnäytetyössä selvitettiin automaatiojärjestelmän vaihtamisen kannattavuutta ja siitä saatavia hyötyjä. Tuloksena varmistuttiin Oumanin automatiikan sopivuudesta Skanska Konevuokrauksen kalustossa sekä siihen liittyvän vaihtotyön kannattavuudesta. Tämän työn pohjalta on helppo kehittää kattava perehdytysmateriaali kaukolämpökeskusten toiminnasta ja automaation ohjauksesta ja säädöistä.

Avainsanat: Kaukolämpökeskus, lämmitysjärjestelmä, automaatio

Abstract

Author: Maija Salama
Title: Optimization the Use of the Mobile District Heating Units' Automation System
Number of Pages: 19 pages + 1 appendix
Date: 30 May 2022

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Mechanical Engineering
Professional Major: Machine Automation
Supervisors: Heikki Paavilainen, Senior Lecturer
Hannu Johansson, Equipment Manager

This Bachelor's thesis was commissioned by Skanska Konevuokraus. The aim of this thesis was to optimize the usage of automation systems which are in use in mobile district heating units. Concurrently this thesis was made to be a guideline for an introduction material of mobile district heating units.

Optimizing was accomplished by standardizing the system and clarifying the purpose of the controls and main components. The compatibility of the automation system of Oumans was examined to be changed to the heating units that had some other automation system. The profitability of the modification was examined by calculating the costs and benefits.

As a result, it was discovered that Ouman's automation system is suitable for mobile district heating units of Skanska Konevuokraus, and the receivable benefits of modifications were sufficient. On the basis of this thesis it will be easy to develop comprehensive introduction material for Skanska Konevuokraus.

Keywords: Mobile District Heating Unit, Heating, Automation

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Skanska Konevuokraus	2
1.2	Työn taustat	2
2	Kaukolämpökeskus	3
2.1	Toimintaperiaate	4
2.2	Komponentit	6
2.2.1	Lämmönvaihdin	6
2.2.2	Kiertovesipumppu	6
2.2.3	Venttiilit	7
2.2.4	Paisuntasäiliö	8
3	Järjestelmän käytön optimointi	9
3.1	Säädöt	9
3.1.1	5-piste säätökäyrä	9
3.1.2	Venttiin PID-säätö	11
3.2	Automaatiojärjestelmän yhdenmukaistamien	12
3.2.1	Muutostarpeet	12
3.2.2	Ouman	12
3.2.3	Modbus	13
3.2.4	Vaihtotyö	14
4	Tulokset	15
4.1	Muutosten vaikutukset	15
4.1.1	Energia ja ympäristö	15
4.1.2	Kustannukset	16
5	lopputulos ja jatkokehitys	17
	Lähteet	18

Liitteet

Liite 1: Yleisimpien lämpötila-antureiden vastusarvotaulukko

Lyhenteet

OSH: Olosuhdehallinta

PID-säätö: Proportional-integral-derivate -säätö. Säätöalgoritmi

1 Johdanto

Rakennusaikainen lämpötilan- ja kosteudenhallinta on merkittävässä osassa laadukasta rakentamista. Etenkin Suomessa pitkien kylmien ajanjaksojen vuoksi rakennustyömaan lämmittäminen on lähes välttämätön, jotta rakentaminen voi edetä aikataulussa. Oikein suunnitellulla ja säädetyllä lämmityksellä luodaan ihanteelliset olosuhteet sekä työskentelylle, että rakenteiden oikeaoppiselle kuivumiselle. Näillä taataan rakentamiseen laatua, sekä säästöjä rakennusajan lyhentyessä. Oikein säädetty lämmitys on myös energiatehokas ja tukee hiilidioksidipäästöjen vähentämistavoitteissa.

Tämä opinnäytetyö toteutettiin Skanska Konevuokraukselle tavoitteena optimoida lämmitysjärjestelmissä käytettävän automatiikan käyttöä. Automaatiojärjestelmistä pyritään saamaan käyttöön sen tarjoamia hyötyjä nykyistä enemmän ja samalla parantamaan säätötekniikkaa. Toimenpiteinä käytön optimoimiseen oli automaatiojärjestelmien yhdenmukaistaminen ja säätöihin liittyvän perehdytyksen lisääminen.

Järjestelmien yhdenmukaistamiseksi selvitettiin mahdollisuuksia käyttää tuotetarjoaja, Ouman Oy:n, automaatiojärjestelmää laajemmin niissäkin laitteistoissa, joissa oli lähtötilanteessa käytössä jonkun muun valmistajan automaatiolaitteisto. Lisäksi selvitettiin automaatiojärjestelmän vaihtotyön vaikutuksia ja kustannuksia Skanska Konevuokraukselle.

Tässä työssä vaihtotyön selvitys keskittyy siirrettäviin kaukolämpökeskuksiin, jotka ovat merkittävin yksittäinen laiteryhmä, jota automaatiojärjestelmän yhdenmukaistaminen koskee. Työssä käydään läpi kaukolämpökeskuksen ja sen automaatiojärjestelmän toimintaa ja säätöjä, jolloin tämän työn pohjalta saadaan luotua Skanska Konevuokraukselle perehdytysmateriaali kaukolämpökeskuksen käyttöön, ohjaukseen ja säätöön.

1.1 Skanska Konevuokraus

Skanska Konevuokraus on yksi Skanska-konsernin liiketoimintayksiköistä. Yritys toimii valtakunnallisesti 12 toimipisteellä ja yksiköllä on hieman yli 100 työntekijää (2020). Liikevaihto vuonna 2020 oli noin 38 miljoonaa euroa. Skanska Konevuokraus vuokraa rakennuskonekalustoa ja tarjoaa kalustoon liittyviä palveluita sekä Skanskan omille työmaille että ulkoisille rakennusliikkeille ja yksityisille toimijoille. Tarjottaviin palveluihin kuuluu muun muassa kalustoon liittyvä suunnittelu-, asennus- ja ylläpitopalvelut työmaille. [1.]

Skanska Konevuokrauksen tulevaisissa strategisissa toimenpiteissä korostuu panostaminen asiakaskokemukseen, turvallisuuteen ja ympäristötehokkuuteen. Nämä tavoitetilat ohjaavat myöskin tätä kaluston kehitystyötä.

1.2 Työn taustat

Skanska Konevuokrauksen olosuhdehallintakalustossa on käytössä kolmea eri automaatiojärjestelmää, joista kaikki eivät täysin vastaa ominaisuuksiltaan Skanska Konevuokrauksen tarpeita. Tässä opinnäytetyössä selvitetään jo osittain käytössä olevan Oumanin automaatiojärjestelmän käyttöönottomahdollisuuksia ja soveltuvuutta laajemmassa käytössä OSH-kalustoa. Automaatiojärjestelmien yhdenmukaistamisella helpotetaan ja nopeutetaan laitteiden hallintaa, kun kaikkien automaatiota sisältävien laitteiden säätö ja ohjaus tapahtuu saman ohjelmiston kautta. Samalla saadaan selkeyttä muun muassa perehdytykseen, käyttöönottoon ja huoltoon.

Tämän työn pohjalta kehitettävän perehdytysmateriaalin avulla saadaan nykyistä kattavampi ohjeistus laitteiston toiminnasta. Perehdytysmateriaalin tavoitteena on minimoida käyttäjävirheistä johtuvat vikatilanteet sekä saavuttaa mahdollisimman energiatehokas käyttö avaamalla säätötekniisiä periaatteita.

2 Kaukolämpökeskus

Vuokrattavat kaukolämpökeskukset (kuva 1) ovat osa työmaille tarjottavaa väliaikaista lämmitysjärjestelmää. Väliaikaisen kaukolämpökeskuksen avulla voidaan työmaa-aikaisessa lämmityksessä hyödyntää kaukolämpöverkosta ennen rakennuksen lopullisen lämmitysjärjestelmän valmistumista ja käyttöönottoa. Skanska Konevuokrauksella on käytössä keskuksia, joiden maksimilämmitysteho on 200–800 kW:n välillä. Kaukolämpökeskuksiin liitetään vesikiertolämmitysjärjestelmä, joka koostuu kiertovesiletkulinjastosta sekä kiertovesilämmittämisestä.

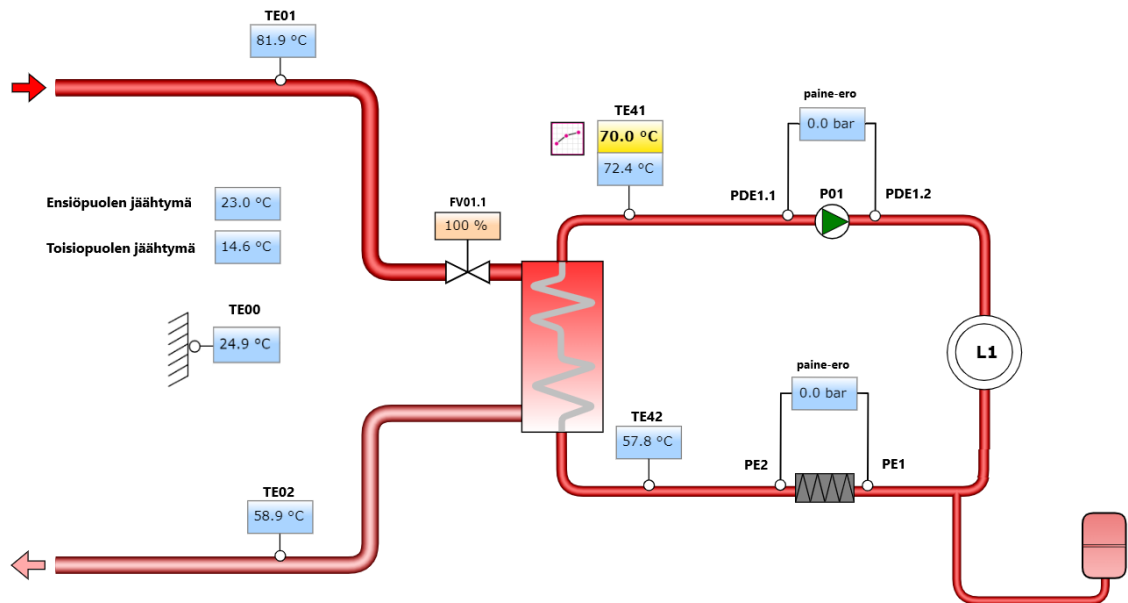


Kuva 1. Siirrettävä kaukolämpökeskus [2].

2.1 Toimintaperiaate

Siirrettävä kaukolämpökeskus koostuu ensiö- ja toisiopiiristä sekä niiden välistä lämmönvaihtimesta. Ensiöpiiri liitetään paikallisen lämmöntarjoajan kaukolämpöverkostoon, josta kaukolämpövesi siirtyy keskuksen vaihtimelle. Kaukolämmön tuloveden lämpötila vaihtelee 65°C - 115°C välillä. Lämmönvaihtimessa kuuman kaukolämpöveden lämpöenergia siirtyy toisiopiirissä kiertävään veteen. Ensiö- ja toisiopiirit eivät siis sekoitu keskenään, vaan lämpö johtuu vaihdinlevyjen avulla. Toisiopiirin lämmennyt vesi kiertää lämmitysjärjestelmän puhaltimille, jotka lämmittävät ympäröivää tilaa. Puhaltimilta vesi kiertää takaisin vaihtimelle uudelleen lämmitettäväksi. Ensiöpiirin jäähtynyt vesi palaa kaukolämpöverkoston paluulinjaa pitkin takaisin lämmöntarjoajan tuotantolaitokselle, jossa se lämmitetään uudelleen. [3.]

Kuvassa 2 on havainnollistettu järjestelmän rakennetta ja siihen liitettyjen toimilaitteiden sijaintia. Ensiöpiirissä on lämpötila-anturit meno- ja paluuedelle, TE01 ja TE02, sekä moottoriventtiili FV01.1. Ensiö- ja toisiopiirin välissä on lämmönvaihdin. Lämmönvaihtimen jälkeen on toisiopiirin menoveden lämpötila-anturi TE41, sekä paineanturit PDE1.1. ja PDE1.2., jotka mittaavat paine-eroa pumpun, P01, yli. Toisiopiirin paluupuolella on suodatukseen käytettävä lianerotin, jonka yli menevä paine-eroa mittaa paineanturit PE1 ja PE2. Toisiopiirin paluueden lämpötilaa mittaa lämpötila-anturi TE42. Järjestelmän ulkolämpötila-anturi on tässä TE00.



Kuva 2. Kaavio kaukolämpökeskuksen järjestelmästä ja sen toimilaitteista.

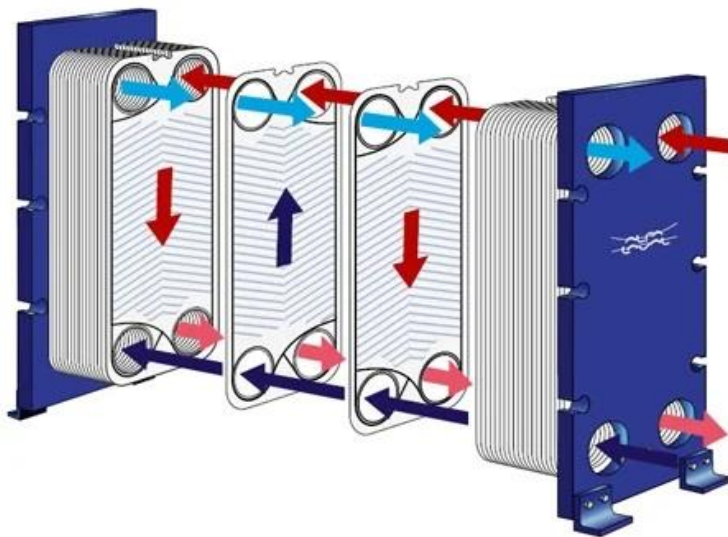
Järjestelmään lasketaan ensiöpiirin meno- ja paluueden lämpötilan eroarvoa, josta saadaan ensiöpuolen jäähtymä. Tämä on tärkeä mittausdata, koska lämmöntarjoaja asettaa omat vaatimuksensa jäähtymälle sekä paluueden lämpötilalle. Liian kuuma paluuvesi kertoo siitä, että lämmönvaihtimen läpi ei ole siirtynyt riittävää määrää lämpöenergiaa toisiopiiriin ja jäähtymä jää pieneksi. Pieni jäähtymä voi johtua muun muassa väärin säädetyistä virtausmääristä ja se aiheuttaa järjestelmään turhaa energiahukkaa. Suositeltu jäähtymä vaihtelee ulkolämpötilan mukaan, ja se on tyypillisesti 15–80 °C:een välillä. [4.]

Toisiopuolen jäähtymä mittaa toisiopiirin meno- ja paluueden eroarvoa. Liian pieni toisiopuolen jäähtymä voi kertoa muun muassa väärin mitoitetusta lämmityslaitteistoista tai laitteiden huonosta toiminnasta. Toisiopiirin lämmityslaitteisto on tärkeä optimoida siten, että lämmitysteho riittää lämmitettävän tilan haluttuun huonelämpötilaan ja samalla toisiopiirin jäähtymä on mahdollisimman suuri, jolloin vaihtimelta lähtevä lämpö on saatu hyödynnettyä tehokkaasti.

2.2 Komponentit

2.2.1 Lämmönvaihdin

Lämmönvaihdin on kaukolämpökeskuksen keskeisin osa. Näissä keskuksissa lämmönvaihtimet ovat levylämmönvaihtimia, jotka koostuvat useista poimuisista levyistä, joiden välissä ensiö- ja toisiopiirin vedet kulkevat kuvan 3 mukaisesti. Poimuisella levyprofiililla kasvatetaan lämmön siirtoon käytettävää pinta-alaa hyötysuhteen lisäämiseksi. Vaihtimen toiminta perustuu siihen, että lämpötilaerot pyrkivät aina tasoittumaan lämpimästä kylmempään. Kuuma kaukolämpövesi luovuttaa lämpöenergiaa vaihtimen levyihin, jotka taas luovuttavat lämpöä toisiopiirin jäähtyneeseen veteen.



Kuva 3. Kylmän ja kuuman veden virtaus levylämmönvaihtimessa [5].

2.2.2 Kiertovesipumppu

Kaukolämpökeskuksen toisiopuolella vaihtimen jälkeen on kiertovesipumppu. Pumppu ylläpitää järjestelmän tilavuusvirtaa. Kiertovesipumpun tehon tarve määräytyy toisiopuolen järjestelmän laajuuden mukaan. Järjestelmään kuuluvat osat, kuten letkut ja lämmittimet, aiheuttavat painehäviöitä, joita pumppu pyrkii korjaamaan. Järjestelmän lämmitystehon tarve määrää pumpulta vaadittavan

tilavuusvirran. Pumpun mitoitus ja säätö ovat merkittäviä tekijöitä, jotta järjestelmästä saadaan toimiva ja energiatehokas. Pumppuun säädettävällä tilavuusvirralla on suuri merkitys lämmönsiirron tehokkuuteen sekä vaihtimella että lämmittimillä.



Kuva 4. Grundfos Magna3 on tyypillinen kaukolämpökeskuksissa käytettävistä kiertovesipumpuista [6].

2.2.3 Venttiilit

Siirrettävässä kaukolämpökeskuksessa on useita venttiileitä. Sulkuventtiileillä saadaan suljettua järjestelmän osia tilapäisesti esimerkiksi ylläpitohuollon yhteydessä. Keskuksen toiminnan ja säädön kannalta merkittävin venttiili on kuitenkin ensiöpuolella oleva moottorihjattu säätöventtiili. Automaatio ohjaa venttiilin asentoa ja siten säätää kaukolämpöverkostosta tulevaa virtaamaa. Pienemällä virtaamalla vaihtimelta siirtyy vähemmän lämpöä järjestelmään.

2.2.4 Paisuntasäiliö

Järjestelmän paisuntasäiliö on kalvopaisuntasäiliö, jonka tehtävänä on tasata järjestelmän painevaihteluita. Kalvopaisuntasäiliö on ns. suljettu paisuntajärjestelmä eli säiliössä vesi ja ilma eivät ole kosketuksissa, vaan niiden välillä on kalvo, joka estää ilman pääsyn lämmityslinjastoon. Järjestelmän painevaihtelut, joita paisuntasäiliö pyrkii tasaamaan, johtuvat muun muassa nesteen lämpötilavaihteluista. Kun neste laajenee lämpenemisen johdosta, paisuntasäiliössä oleva ilma puristuu kasaan tasaten tarkoituksettoman paineen nousun. [7.]



Kuva 5. Kalvopaisunta-astian läpileikkaus [8].

3 Järjestelmän käytön optimointi

Jotta lämmitysjärjestelmästä saadaan sen tarjoamat hyödyt parhaimmalla mahdollisella tavalla käyttöön, on säätöjen ja asetusarvojen määrittämiset keskeisessä asemassa. Optimoiduilla säädöillä saavutetaan muun muassa käyttökavuuksia sekä energia- ja kustannustehokkuutta. Säätöjen asettamisen lisäksi, kun siirretään kaikki keskuskeskukset saman laitetarjoajan järjestelmään, saadaan koulutusten ja perehdytyksen kautta käyttöä optimoitua. Kaikkien keskusten automaation muuttaminen vain yhteen tiettyyn järjestelmään edellyttää valittavalta järjestelmästä sopivuutta sekä järjestelmän toiminnallisuuksilta että sitä ympäröiviltä palveluilta.

3.1 Säädöt

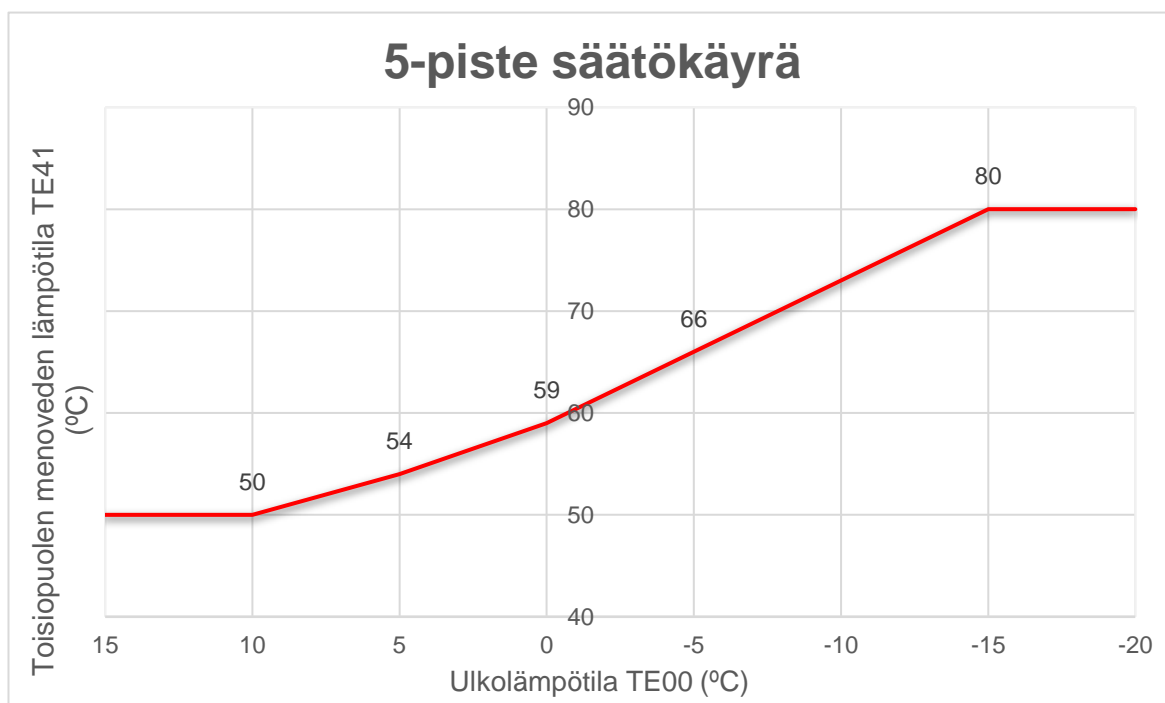
3.1.1 5-piste säätökäyrä

Järjestelmän lämpötilan säätö tapahtuu automaatiolle määriteltävällä 5-piste säätökäyrällä. Säätökäyrälle asetetaan viisi ulkolämpötilaa, ja jokaiselle ulkolämpötilalle määritetään haluttu menoveden lämpötila. Lämpötilan säätö tapahtuu ohjaamalla moottoriventtiilin asentoa. Lämpötila-arvot asetetaan siten, että ulkolämpötilan laskiessa järjestelmän lämpötila nousee. Säätökäyrän minimi- ja maksimiarvoihin, sekä käyrän jyrkkyyteen vaikuttaa lämmitettävän kiinteistön tarpeet, rakenteiden lämpöominaisuudet ja järjestelmään liitettävien laitteiden vaatimukset.

Taulukossa 1 on esimerkki 5-pistesäätökäyrille asetettavista lämpötiloista ja niiden välisestä suhteesta. Kuvassa 6 on taulukkoon määriteltyjen arvojen pohjalta piirretty säätökäyrä, jonka kuvaaja vastaa järjestelmään ajettavan veden lämpötilaa. Säätökäyrän tarkoitus on ajaa järjestelmään tarpeeksi lämpöä, kuitenkin lämmittämättä liikaa. Varsinaista huonelämpötilaa voidaan hallita asennettavien lämmittimien määrällä tai säätää lämmittimien termostaateilla. Säätökäyrän avulla saadaan järjestelmästä energiatehokkaampi.

Taulukko 1. Ulkolämpötilan suhde lämmitysjärjestelmän veden lämpötilaan.

Ulkolämpötila TE00 (°C)	Toisiopuolen menovesi TE41(°C)
-15	80
-5	66
0	59
5	54
10	50



Kuva 6. Järjestelmän menoveden lämpötilan säätökäyrä.

3.1.2 Venttiilin PID-säätö

Kaukolämpökeskuksen järjestelmän lämpötilan säädön lisäksi merkittävä automaatiojärjestelmälle määritettävä säätö on venttiilin PID-säätö. PID-säädössä automaatioyksiköltä ulostuleva ohjaukaskäsky on kolmen termin yhdistelmästä syntyvä arvo. Säätimelle määritetään siis P-, I- ja D-arvot, joiden avulla pyritään tasoittamaan säädön poikkeamia ja värähtelyä, sekä lisätä säädön nopeutta. Poikkeavat lukemat säädettävässä arvossa sekä jatkuva säädön huojunta eivät ole tehokkaita toiminnan kannalta.

P-arvo (Proportional) on niin kutsuttu suhdeosa, joka on järjestelmän lämpötilan asetus- ja mittausarvon erosta saatava suoraan verrannollinen takaisinkytkentä eli mitä suurempi ero asetusarvon ja järjestelmän todellisen lämpötilan välillä on, sitä suurempi on P-arvon säätötoimenpide. P-arvo voi kuitenkin herkästi jättää järjestelmän lämpötilaan poikkeaman ns. pysyvän tilan virheen, jossa lämpötila tasoittuu asetuksesta poikkeavaan arvoon. Pysyvän tilan virhettä korjataan I-arvolla (Integral) eli integroivalla osalla, joka integroi asetuksen ja mittauksen eroarvoa, kunnes säätö saavuttaa asetusarvoa. Vaikka integroiva arvo korjaa pysyvää poikkeamaa, se voi herkästi aiheuttaa säädössä värähtelyä. D-arvolla (Derivate) eli derivoivalla arvolla saadaan lisättyä järjestelmän reagointinopeutta ulkolämpötilan muuttuessa. [9,10.]

Ulkolämpötilan mukaan säätävässä lämmitysjärjestelmässä lämpötilan muutokset eivät tapahdu erityisen nopeasti, ja harvoin järjestelmältä vaadita suurta reagoimisnopeutta muutoksiin. Silloin voidaan käyttää vain PI-säätöä, eli jätetään säädön reagointinopeuteen vaikuttava D-arvo pois säätimeltä.

3.2 Automaatiojärjestelmän yhdenmukaistamien

3.2.1 Muutostarpeet

Merkittävimmät syyt automaatiojärjestelmän yhdenmukaistamiselle ovat olleet haasteet useamman järjestelmän omaksumisessa käytössä, ylläpidossa ja huollossa. Vain yhteen järjestelmään keskittyminen mahdollistaa käyttöönotosta ja huollosta vastaaville työntekijöille syvällisemmän perehtymisen. Osassa käytössä olevista järjestelmistä on ollut ulkomaisilta toimittajilta, jolloin muun muassa käyttäjätuen vasteaika on ollut hidasta, eikä ole siitä syystä pystynyt vastaamaan tarpeisiin. Yhdenmukaistamisella pyritään myös kontrolloimaan järjestelmien lisenssikustannuksia, joissa on ollut huomion arvoisia eroavaisuuksia eri toimittajien välillä.

Pyrittiin löytämään toimittaja, jolta saadaan laajempaan käyttöön sekä automaatiolaitteisto että etähallintajärjestelmä. Jo osittain käytössä oleva Oumanin järjestelmä on vastannut toiminnallisuuksiltaan hyvin Skanska Konevuokrauksen tarpeita. Ouman Oy on kotimainen tuotetarjoaja, jonka käyttäjätuki on näin ollen myös Suomessa. Oumanin järjestelmän laajempaa käyttöönottomahdollisuutta lähdettiin selvittämään Oumanin edustajien kanssa. Esitettiin Oumanin edustajille tietoja vaihtotyötä vaativista kaukolämpökeskuksista ja selvitettiin järjestelmän sopivuutta niihin.

3.2.2 Ouman

Ouman Oy on suomalainen rakennusautomaatioalan yritys, joka valmistaa rakennusautomaation säätimiä ja kenttälaitteita, sekä tarjoaa asiantuntijapalveluita, kuten automaatiojärjestelmien suunnittelua, kehitystä ja ohjelmointia.

Oumanin tuotteista löytyy ohjelmoitavia logiikoita, joilla on mahdollista toteuttaa kaukolämpökeskuksen ohjaus ja säätö. Ouman Ouflex A (kuva 7) on vapaasti ohjelmoitava logiikka, jossa on 34 I/O-pistettä ja muun muassa Modbus- väyläliitintä, joiden avulla on mahdollista liittää kaukolämpökeskuksen anturit ja

toimilaitteet automaatiojärjestelmään. Ouflex A:ssa on standardisoitu DIN-kisko-kiinnitys, joten asentamisen kannalta se sopii suoraan kaikkien keskusten sähkökoteloihin. Logiikka on mahdollista tilata myös valmiiksi ohjelmoituna. [11, 12.]



Kuva 7. Ouman Ouflex A -automaatiojärjestelmä [12].

Ohjelmoitavan logiikan lisäksi järjestelmään liitetään Oumanin 4G-modeemi, jolla mahdollistetaan järjestelmän verkkoyhteys myös työmaaolosuhteissa, joissa kiinteää verkkoyhteyttä ei ole saatavilla. Oumanin laitteet yhdistetään Ounet-valvomoon, jonka kautta järjestelmän etäseuranta ja -säätö onnistuu. Nettivalvomon kautta voidaan myös asettaa järjestelmälle hälytyksiä ja seurata hälytyshistoriaa.

3.2.3 Modbus

Modbus on väyläratkaisu, joka mahdollistaa eri laitevalmistajien laitteiden yhdistämisen samaan järjestelmään väylätekniikalla. Väyläratkaisulla saadaan siirrettyä paljon tietoa useilta laitteilta vähäisellä kaapeloinnilla, kun tieto kulkee yhdessä kaapelissa laitteelta laiteelta muodostaen väylän. Jokainen laite ei siis tarvitse erillisiä kaapeleita tiedonsiirtoon. Modbus-tekniikkaa voidaan hyödyntää myös silloin, kun toimilaitteelta halutaan paljon tietoa, eikä jokaisen tiedon

tuominen erillisellä kaapelilla ole kannattavaa. Siirrettävissä kaukolämpökeskuksissa kaapeloinnin määrä ei ole merkittävä, mutta muun muassa pumpulta halutaan tietyissä tapauksissa tuoda säätöviestin lisäksi erinäisiä mittaustietoja kuten kierrosnopeus, taajuus, jännite ja virta. Tällöin Modbusin hyödyntäminen pumpun osalta on järkevää.

Modbus toimii niin sanotulla isäntä/orja -periaatteella eli väylässä on yksi niin kutsuttu isäntä, jolle voidaan lisätä enintään 247 orjaa. Kaukolämpökeskuksissa ohjelmoitava logiikka toimii isäntänä ja toimilaitteet ovat siihen liitettyjä orjia. Tietoliikenne Modbus-väylässä toimii siten, että logiikka pystyy pyytämään ja vastaanottamaan toimilaitteilta tietoja, mutta toimilaitteet eivät pysty itsenäisesti kutsumaan/lähtettämään tietoa logiikalle eikä toisille toimilaitteille. [13.]

3.2.4 Vaihtotyö

Vaihtotyö Oumanin ohjelmoitavaan logiikkaan onnistuu keskuksissa jo olemassa olevilla antureilla ja toimilaitteilla sekä niiden johtimilla. Lähtökohtaisesti Ouflex A sopii myös kokonsa puolesta poisvaihdettavien logiikoiden tilalle, joten kotelomuutoksia tai -lisäyksiä ei tarvitse tehdä. Anturit ja toimilaitteet kytketään logiikan I/O-pisteisiin alkuperäistä kytkentää vastaavasti.

Kun anturit ja toimilaitteet on kytketty, tarkistetaan lämpötila-antureiden skaalaukset ja tarvittaessa muutetaan valmistajan manuaalin vastusarvotaulukon mukaiseksi. Yleisimpien lämpötila-antureiden vastusarvotaulukko on liitteessä 1. Taulukko kertoo, mitä lämpötilaa anturin antama vastusarvo vastaa. Myös pumpun ja venttiilimoottorin ohjaussignaalien skaalaukset tarkastetaan ja pumpun osalta otetaan käyttöön Modbus-väylä.

Oumanin logiikka toimitetaan valmiiksi ohjelmoituna, jolloin sen käyttöönotossa riittää verkkoyhteyden muodostaminen ja toimintojen tarkastus. Säättöjen viritys tapahtuu keskuksen käyttöönoton yhteydessä.

4 Tulokset

Automaatiojärjestelmien yhdenmukaistamisella helpotetaan laitehallintaa ja laitteiden käyttöä. Vain yhden nettivalvomon käyttö mahdollistaa kaikkien laitteiden seurannan saman järjestelmän kautta. Laitteiden keskinäinen tietojen vertailu helpottuu, kun data on yhdenmukaista. Kun kaikki automaatiota sisältävä kalusto toimii samanlaisen ohjelmoitavan logiikan kautta ja tieto siirtyy yhteen valvomoon, on organisaation sisäinen tiedon jakaminen ja perehdytys helpompaa.

Oumanin valitsemisen etuna on yrityksen kotimaisuus. Paikallista toimijaa on helpompi kontaktoida, ja se tuntee olosuhteet ja markkinat, joissa myös Skanska Konevuokraus toimii. Oumanilta on saatavilla muutostyöhön laitteiston lisäksi asennus ja ohjelmoinnit sekä järjestelmän käyttökoulutus.

4.1 Muutosten vaikutukset

4.1.1 Energia ja ympäristö

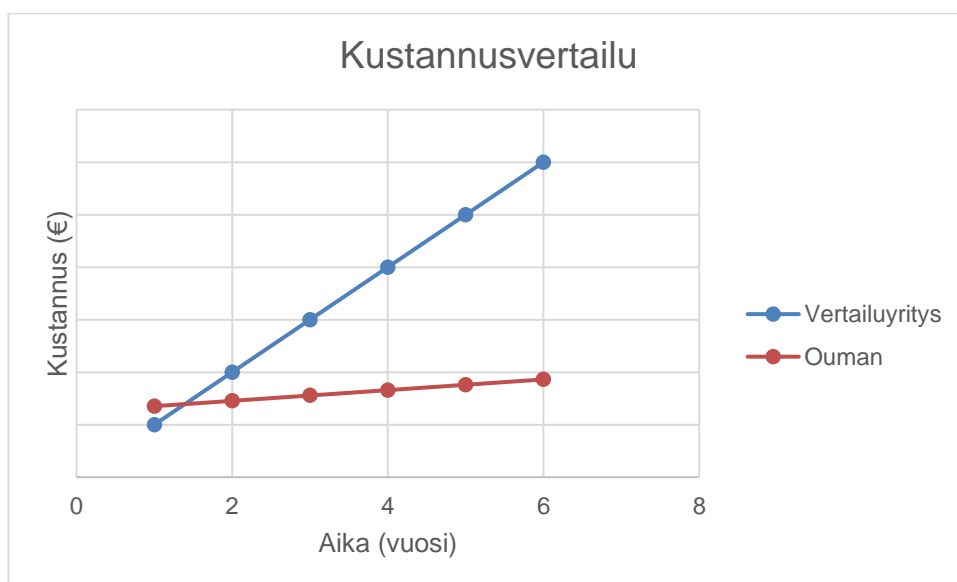
Yhteiskunnan kaikkia osa-alueita koskevat hiilineutraaliustavoitteet ja CO₂-päästöjen vähentämisen tavoitteet luovat vaatimuksia myös rakennusteollisuudelle ja siinä työmaan lämmityksellä on myös merkittävä osa. Skanska konsernin asettamat hiilineutraaliustavoitteet ovat vähentää kasvihuonekaasupäästöjä 50 prosenttia vuoteen 2030 ja olla täysin hiilineutraali vuoteen 2045 mennessä. Tavoitteet koskevat konevuokrausyksikön omaa toimintaa, mutta vaikuttaa vahvasti myös vuokrattavan kaluston vaatimukseen, sillä Skanskan rakentamispalvelut ovat Skanska Konevuokrauksen merkittävin asiakas. Lämmitys tuottaa oman osansa työmaan CO₂-päästöistä, mutta oikein säädetty järjestelmä mahdollistaa päästöjen alenemista. [14.]

Lämmityslaitteiston energiatehokas toiminta taataan juuri laitteiston oikeaoppisella säädöllä, anturidatan seurannalla ja hälytysrajojen luomisella, sekä nopealla reagoinnilla energiahukkaa aiheuttaviin poikkeamiin, kuten komponenttien

hajoamiseen. Automaatiojärjestelmän yhdenmukaistamisella asetusten ja säätöjen seuranta helpottuu.

4.1.2 Kustannukset

Kaukolämpökeskuksiin järjestelmien vaihtotyön kustannukset koostuvat uusista laitteistoista sekä niiden asentamiseen käytettävästä työstä. Kuitenkin Oumanin valvomon lisenssimaksut ovat edullisimpia tällä hetkellä Skanska Konevuokrauksella käytössä olevista järjestelmistä. Kun huomioidaan vaihtotyön kerta- luontoinen kustannus ja tulevat lisenssimaksujen kustannukset, Oumanin järjestelmän laajempi käyttöönotto kaukolämpökeskuksiin tulee kokonaiskustannuksiltaan halvemmaksi, kun laitteistoa on käytetty noin 1,35 vuotta. Vaihtotyö Oumanin järjestelmään ja toisen käytössä olevan järjestelmän kustannuksia on vertailtu kuvassa 8 olevassa kaaviossa. Näiden kustannusarvioiden perusteella siis vaihtotyö kannattaa kaikille niille keskuksille, joiden oletettu käyttöikä ylittää 1,35 vuotta. Tällä hetkellä jokaisen kalustossa olevan keskuksen arvioitu käyttöikä ylittää tämän.



Kuva 8. Vertailu kustannusten kertymästä vuositasona.

Tässä laskennassa käytetyt kustannusten määrät perustuvat aikaisempiin lisenssimaksuihin, sekä saatuihin laite- ja asennustarjouksiin. Näiden lisäksi on huomionarvoista tulevaisuudessa saadut säästöt perehdytykseen ja järjestelmien seurantaan käytettävästä työajasta, kun kaikki automaatiojärjestelmät on yhdenmukaistettu ja selkeytetty yhteen kokonaisuuteen.

5 lopputulos ja jatkokehitys

Tämän työn lopputuloksena todettiin Oumanin järjestelmään siirtymisen olevan kannattava niin kustannuksiltaan kuin järjestelmästä saatavien hyötyjenkin suhteen ja vaihtotyötä lähdetään tämän pohjalta edistämään.

Työn pohjalta saadaan kehitettyä perehdytysmateriaali, joka avaa siirrettävän kaukolämpökeskuksen perustoimintoja niille työntekijöille, joille keskuksset eivät ole lähtökohtaisesti tuttuja. Keskuksia asentaville ja niitä huoltaville työntekijöille saa tämän työn pohjalta nykyistä laajemmin apumateriaalin säätöjen merkityksestä järjestelmän käytössä.

Tämän selvitystyön pohjalta on helppo lähteä viemään automaatiotratkaisujen laajentamista eteenpäin muussakin Skanska Konevuokrauksen lämmityskalustossa, kuten lämpökonteissa, joissa toiminta perustuu yhtä lailla lämmittämiseen lämmönvaihtimen avulla. Lämpökontissa lämmönlähteenä ei toimi kaukolämpö vaan öljypoltin. Säätötekniset tiedot ovat yhtä lailla lämpökontteihin sovellettavissa.

Automaation ja käytön optimoinnin kannalta lämmitysjärjestelmää voisi kehittää lisäämällä lämpötila-antureita mittaamaan lämmitettävän tilan huonelämpöä, jolloin saman automaatiojärjestelmän kautta pystyittäisi seuraamaan järjestelmän riittävyyttä pitämään huonelämpötila halutussa arvossa.

Lähteet

- 1 Suomen asiakastieto Oy.Skanska Rakennuskone Oy taloustiedot. Verkkoaineisto. <https://www.asiakastieto.fi/yritykset/fi/skanska-rakennuskone-oy/15516691/taloustiedot>. Luettu 2.2.2022.
- 2 Kuva: Skanska Konevuokraus. Lämmönsiirrinpaketin tuotesivu. <https://skanskakonevuokraus.fi/tuote/lammonsiirrinpaketti-2/>.
- 3 Energiateollisuus ry. Kaukolämpöverkot. Verkkoaineisto. <https://energia.fi/energiasta/energiaverkot/kaukolampoverkot>. Luettu 21.1.2022.
- 4 Helen. Kaukolämpölaitteet. Verkkoaineisto. <https://www.helen.fi/lammitys-ja-jaahdytys/kaukolampo/nykyisille-asiakkaille/kaukolampolaitteet>. Luettu 1.4.2022.
- 5 Kuva: Alfa Laval. Tiivisteelliset levylämmönvaihtimet. <https://www.alfalaval.fi/microsites/tiivisteelliset-levylammonvaihtimet/mallit/widegap/>.
- 6 Kuva: Grundfos. Magna3 tuotesivu: <https://product-selection.grundfos.com/fi/products/magna/magna3?tab=models>.
- 7 Rakennustieto OY LVI-ohjekortisto LVI11-10472. Paisuntajärjestelmän valinta ja mitoitus. 2011.
- 8 Kuva: LVI Dahl Oy. Altech kalvopaisunta-astia esite. pdf-tiedosto [Altech_paisunta_astiat_TT753.pdf \(dahl.fi\)](https://www.lvi-dahl.fi/Altech_paisunta_astiat_TT753.pdf).
- 9 Metropolian wikipalvelu. PID-säätimen rakenne. Verkkoaineisto. <https://wiki.metropolia.fi/pages/viewpage.action?pageId=12159966>. Luettu 20.4.2022.
- 10 Ouman digitaalisen lämmönsäätimen käsikirja. Pdf-tiedosto. http://ouman.fi/documentbank/EH-203_manual_fi.pdf. Luettu 30.4.2022.
- 11 Ouman. Kaikkea mitä viisas talo tarvitsee. Verkkoaineisto. <https://ouman.fi/ouman/>. Luettu 11.3.2022.
- 12 Ouman. Ouman Ouflex A tuotesivu. Verkkoaineisto. <https://ouman.fi/tuote/ouman-ouflex-a/>. Luettu 11.3.2022.
- 13 Schneider Electric. Modbus. Verkkoaineisto. <https://www.se.com/fi/fi/product-range/574-modbus/?parent-subcategory-id=2410&filter=business-1-teollisuusautomaatio#overview>. Luettu 2.2.2022

- 14 Skanskan sisäinen oppimismateriaali. Hiilineutraalius Skanskalla. Verkkoainesto. Luettu 15.4.2022.

Yleisimpien lämpötila-antureiden vastusarvotaulukko

VASTUSARVOTAULUKKO



Anturi-merkintä	PH100	PH1000	PH1000	PH1000-LG	NTC 1.0	NTC 3.2	NTC 3.0	NTC 10	NTC 20	NTC 10-A-N	NTC 10-C	NTC 10-KB	KP 10	T1
Tem. °C	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	V	Ω
140	153.6	1535.8	1000	1737	71	53	64	235	351	208	381	324		
130	140.8	1408.3	1833	1675	87	68	81	301	450	377	474	385		3675
120	146.1	1460.7	1760	1615	110	90	105	390	600	482	597	467		3552
110	142.3	1422.9	1688	1557	130	115	138	511	818	624	758	576		3430
100	138.5	1385.1	1618	1500	177	153	204	679	1114	817	973	723	3.73	3311
95	136.6	1366.1	1583	1472	202	178	236	786	1307	930	1108	815	3.68	3252
90	134.7	1347.1	1540	1444	232	207	275	916	1541	1084	1266	923	3.63	3194
85	132.8	1328.0	1516	1417	261	241	321	1070	1823	1254	1451	1048	3.58	3136
80	130.9	1309.0	1483	1390	303	283	376	1255	2166	1457	1668	1194	3.53	3079
75	129.0	1289.9	1450	1364	350	324	444	1480	2585	1700	1924	1364	3.48	3022
70	127.1	1270.8	1417	1337	404	395	526	1752	3008	1990	2228	1562	3.43	2966
65	125.2	1251.6	1385	1311	468	469	625	2083	3732	2338	2888	1791	3.38	2910
60	123.2	1232.4	1353	1285	544	544	746	2488	4518	2760	3020	2056	3.33	2855
55	121.3	1213.2	1322	1260	636	673	896	2986	5404	3270	3536	2358	3.28	2800
50	119.4	1194.0	1291	1235	750	811	1081	3602	6718	3893	4160	2702	3.23	2745
45	117.5	1174.7	1260	1210	885	984	1310	4368	8260	4655	4911	3088	3.18	2692
40	115.5	1155.4	1230	1186	1040	1200	1597	5324	10212	5594	5827	3517	3.13	2638
35	113.6	1136.1	1200	1162	1251	1471	1960	6532	12698	6754	6940	3987	3.08	2585
30	111.7	1116.7	1171	1138	1495	1814	2417	8055	15886	8106	8313	4402	3.03	2532
29	111.3	1112.9	1165	1132	1551	1893	2522	8406	16627	8525	8622	4597	3.02	2522
28	110.9	1109.0	1159	1128	1610	1977	2634	8779	17406	8869	8944	4703	3.01	2512
27	110.5	1105.1	1153	1123	1673	2064	2750	9165	18227	9229	9281	4809	3.00	2501
26	110.1	1101.2	1147	1119	1735	2156	2872	9574	19090	9606	9632	4917	2.99	2491
25	109.7	1097.3	1141	1114	1800	2252	3000	10000	20000	10000	10000	5025	2.98	2480
24	109.3	1093.5	1136	1109	1871	2353	3135	10448	20958	10413	10380	5134	2.97	2470
23	109.0	1089.6	1130	1105	1942	2458	3277	10924	21968	10845	10780	5243	2.96	2460
22	108.6	1085.7	1124	1100	2014	2572	3426	11421	23033	11298	11200	5353	2.95	2449
21	108.2	1081.8	1118	1095	2094	2680	3582	11940	24156	11773	11630	5462	2.94	2439
20	107.8	1077.9	1112	1091	2178	2813	3747	12491	25340	12270	12090	5573	2.93	2429
19	107.4	1074.0	1107	1086	2263	2940	3922	13073	26591	12791	12560	5685	2.92	2418
18	107.0	1070.2	1101	1081	2351	3081	4104	13681	27912	13337	13060	5795	2.91	2408
17	106.6	1066.3	1095	1077	2444	3226	4298	14325	29307	13910	13580	5906	2.90	2398
16	106.2	1062.4	1089	1072	2545	3378	4500	15000	30782	14510	14120	6016	2.89	2388
15	105.8	1058.5	1084	1068	2646	3538	4713	15710	32340	15140	14690	6126	2.88	2377
14	105.5	1054.6	1078	1063	2751	3708	4938	16461	33982	15801	15280	6235	2.87	2367
13	105.1	1050.7	1072	1058	2865	3886	5177	17256	35716	16494	15900	6344	2.86	2357
12	104.7	1046.8	1067	1054	2983	4075	5427	18091	37550	17222	16560	6453	2.85	2347
11	104.3	1042.9	1061	1049	3105	4273	5691	18970	39489	17987	17240	6560	2.84	2337
10	103.9	1039.0	1056	1045	3236	4482	5971	19902	41540	18790	17960	6667	2.83	2326
9	103.5	1035.1	1050	1040	3371	4703	6265	20884	43715	19633	18700	6773	2.82	2316
8	103.1	1031.2	1044	1036	3510	4927	6575	21918	46018	20519	19480	6877	2.81	2306
7	102.7	1027.3	1039	1031	3657	5183	6905	23015	48457	21451	20300	6980	2.80	2296
6	102.3	1023.4	1033	1027	3813	5444	7251	24170	51041	22430	21150	7082	2.79	2286
5	102.0	1019.5	1028	1022	3978	5719	7617	25391	53780	23460	22050	7182	2.78	2276
4	101.6	1015.6	1022	1018	4146	6010	8005	26683	56678	24545	23000	7281	2.77	2266
3	101.2	1011.7	1016	1013	4327	6318	8415	28051	59751	25687	23900	7379	2.76	2256
2	100.8	1007.8	1011	1009	4513	6643	8840	29498	63011	26890	25030	7475	2.75	2246
1	100.4	1003.9	1005	1004	4711	6988	9300	31030	66469	28155	26130	7569	2.74	2236
0	100.0	1000.0	1000	1000	4917	7353	9795	32650	70140	29490	27280	7661	2.73	2226
-5	98.0	980.4	973	978	6118	9533	12698	42327	92220	37310	33900	8093	2.68	2176
-10	96.1	960.9	946	956	7664	12460	16590	55329	122260	47540	42470	8472	2.63	2127
-15	94.1	941.2	919	935	9662	16428	21887	72957	163480	61020	53410	8796	2.58	2078
-20	92.2	921.6	893	914	12265	21860	29125	97083	220600	78910	67770	9067	2.53	2030
-25	90.2	901.9	867	893	15678	29398	39127	130422	300400	102000	86430	9288	2.48	1982
-30	88.2	882.2	842	872	20191	39908	53093	176976	413400	135200	111900	9466	2.43	1934
-35	86.2	862.5	816	851	26055	54751	72658	24682	576763	179200		9605	2.38	
-40	84.3	842.7	791	831	35480	75953	10701	336479	810861	239700		9712	2.33	
-45	82.3	823.0	767	811	47135	106603	14183	472178	1152992	323600		9793		
-50	80.3	803.1	743	791	63229	151470	200348	671305	1659082	441300		9854		