



Jesse Peltoniemi

Paljun automaattinen lämmitysjärjestelmä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tieto- ja viestintätekniikka

Opinnäytetyö

24.5.2024

Tiivistelmä

Tekijä(t):	Jesse Peltoniemi
Otsikko:	Paljun automaattinen lämmitysjärjestelmä
Sivumäärä:	44 sivua + 1 liitettä
Aika:	30.5.2024
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Tieto- ja viestintätekniikka
Suuntautumisvaihtoehto:	Sulautetut järjestelmät
Ohjaaja(t):	Vastuuarvioija Janne Salonen

Tämä insinööri työ on toteutettu Duunihemmot Oy:n toimeksiannosta, ja sen tavoitteena oli rakentaa ulkoisella lämmönlähteellä varustettu paljujärjestelmä, jossa on täysin automaattinen lämmönhallinta.

Projektin keskeisin osa oli suljetun vesijärjestelmän suunnittelu ja toteutus, joka mahdollistaa tekoälyn ohjaaman automaation. Mikroprosessori kerää jatkuvasti tietoa useista antureista, jotka on sijoitettu putkiston eri osiin sekä paljuun. Näiden tietojen perusteella järjestelmä säätelee lämmönlähdettä, suuntiventtiiliä ja pumppuja energiatehokkuuden ja käyttömukavuuden optimoimiseksi.

Käyttäjä voi hallita järjestelmää yksinkertaisen käyttöliittymän avulla, joka on toteutettu kosketusnäytöllä varustetun päätelaitteen kautta. Käyttäjä voi asettaa halutun lämpötilan, mutta järjestelmän muut toiminnot ovat täysin automaattisia. Tämä lisää järjestelmän käytettävyyttä ja vähentää manuaalisen säädön tarvetta.

Insinööri työn aikana toteutettiin laaja-alainen suunnittelu- ja asennusprosessi, jossa otettiin huomioon järjestelmän energiatehokkuus, luotettavuus ja turvallisuus. Putkiston ja antureiden sijoittelu, lämpöeristys sekä ohjelmiston kehitys olivat keskeisiä osia projektin onnistumisessa. Tekoälypohjainen järjestelmä on suunniteltu toimimaan optimaalisesti erilaisissa käyttötilanteissa, varmistaen paljun veden oikean lämpötilan ja järjestelmän tehokkuuden.

Työ on toteutettu Duunihemmot Oy:n projektina, joka kattaa sekä suunnittelun että toteutuksen. Projekti on osoittanut, kuinka älykkäiden järjestelmien integrointi voi parantaa merkittävästi käyttömukavuutta ja energiatehokkuutta, tarjoten samalla turvallisen ja luotettavan käyttökokemuksen. Järjestelmän modulaarisuus mahdollistaa sen laajentamisen ja soveltamisen myös muihin vastaaviin sovelluksiin.

Avainsanat: palju, Arduino GIGA R1, lämmönhallinta, automaatio, -äly-

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author(s):	Jesse Peltoniemi
Title:	Fully automated hot tub heating system
Number of Pages:	44 pages + 1 appendices
Date:	30 May 2024
Degree:	Bachelor of engineering
Degree Programme:	Information technology, Bachelor's degree
Specialisation option:	Embedded systems
Instructor(s):	Janne Salonen, Principal Lecturer

This engineering thesis, commissioned by Duunihemmot Oy, aims to construct a hot tub system equipped with an external heat source and fully automated temperature control.

The central focus of the project was the design and implementation of a closed water system that enables AI-driven automation. The microcontroller continuously collects data from multiple sensors placed throughout the piping system and the hot tub itself. Based on this data, the system adjusts the heat source, shunt valve, and pumps to optimize energy efficiency and user comfort.

The user can control the system through a simple interface implemented on a touchscreen device. While the user can set the desired temperature, all other functions of the system are fully automated. This increases usability and reduces the need for manual adjustments.

During the thesis, a comprehensive design and installation process was undertaken, considering the system's energy efficiency, reliability, and safety. The placement of pipes and sensors, thermal insulation, and software development were key aspects of the project's success. The AI-based system is designed to operate optimally under various usage conditions, ensuring the correct water temperature and system efficiency.

This work was carried out as a project for Duunihemmot Oy, encompassing both design and implementation. The project has demonstrated how integrating intelligent systems can significantly enhance usability and energy efficiency while providing a safe and reliable user experience. The modularity of the system allows for its expansion and application to other similar use cases.

Keywords: hot tub, smart IoT, Arduino GIGA R1, automation, thermal management

Sisällys

Erityissanasto

Johdanto	7
1 Tekniikka ja rakenne	9
1.1 Putkiston osat	9
1.1.1 Lämmönlähde	11
1.1.2 Putkiston venttiilit	11
1.1.3 Erikoisventtiilit	13
1.1.4 Putkiston tarkkailu	14
1.2 Datan hankinta	15
1.2.1 Lämpötila-anturit	17
1.2.2 Veden paine-, lämpötila sekä virtausanturit	19
1.2.3 Lämmönlähde	21
1.3 Tietokone, datan käsittely ja sen käyttö.	22
1.3.1 Arduino GIGA R1, PC1	24
1.3.2 Datan funktio	26
1.3.3 Tekoäly	27
2 Järjestelmän asennus	29
2.1 Vesijärjestelmän asennus	29
2.1.1 Putkisto	30
2.1.2 Lämmönlähde	30
2.1.3 Palju	31
2.2 Elektroniikan asennus	31
2.2.1 Mikroprosessorin asennus – PC1:n asennus	32
2.2.2 Dataväylien asennus	32
2.2.3 Anturien asennus	33
3 Ohjelmisto	35
3.1 Ohjelmiston suunnittelu	35
3.1.1 Ohjelmiston Arkkitehtuuri	36
3.1.2 Turvallisuus ja Vikasietoisuus	37
3.2 Ohjelmiston toteutus	37

3.3 Ohjelman kehitys ja sen tulevaisuus	40
4 Pohdinta	42
Lähteet	44
Liitteet	45
Vuokaavio ohjelman perustoiminnasta.	45

Erityissanasto

PC1:	Arduino GIGA R1-mikrokontrolleri
KV1:	Kiertovesi pumppu #1
KV2:	Kiertovesi pumppu #2
SUNTTI:	Venttiilityyppi kahden putken välille, joka toimii lämmönsiirron hallinnassa. Suntti ohjaa suljetussa putkistossa sitä, missä suhteessa toisiinsa lämmin ja jo käytetty vesi ohjautuvat kiertoon.
GPIO:	General Purpose Input/Output
RAM:	Random-Access Memory
IOT:	Internet of things
IIoT:	Industrial Internet of things
PCB:	Printed Circuit Board
MCU:	MicroCotroller Unit

Johdanto

Tämä insinööriyö keskittyy innovatiivisen paljujärjestelmän suunnitteluun ja toteutukseen, joka hyödyntää ulkoista lämmönlähdettä saavuttaakseen optimaalisen käyttökokemuksen ja energiatehokkuuden. Tutkimuksen keskeiset osa-alueet ovat lämmönlähteen ohjaus ja suljetun putkiston hallinta, jotka ovat olennaisia osia paljun toiminnassa. Tavoitteenamme on kehittää älykäs järjestelmä, joka pystyy reagoimaan tehokkaasti muuttuviin lämpötiloihin ja käyttötilanteisiin.

Paljujärjestelmässä käytettävät anturit keräävät tietoa ympäristön lämpötilasta ja muista olennaisista parametreista, kuten veden virtausnopeudesta ja paineesta. Nämä tiedot syötetään Arduino GIGA R1-piirilevyille, joka toimii järjestelmän älykkäänä ohjausyksikkönä. PC1 hallinnoi lämmönlähteen toimintaa sekä suljetun putkiston virtausta ja painetta, varmistaen näin paljun optimaalisen lämpötilan ja käyttökelpoisuuden. Tavoitteena on suunnitella järjestelmä, joka on sekä energiatehokas että helppokäyttöinen, mikä vähentää polttoaineen kulu- tusta ja lisää käyttömukavuutta.

Yksi tutkimuksen erityispiirteistä on lämmönlähteen ja paljun sijainti. Lämmönlähde on sijoitettu rakennuksen sisätiloihin, kuten autotalliin, mikä tarjoaa suojaa ja varmuutta sen toiminnalle. Tämä sijoituspaikka mahdollistaa myös lämmönlähteen helpomman huollon ja ylläpidon. Toisaalta palju on upotettu rakennuksen terassiin, jossa se on tason alle piilotettuna. Terassin tason vahvistaminen ja tukeminen ovat olennaisia toimenpiteitä, jotta palju ei häiritse terassin käyttöä eikä aiheuta turvallisuusriskejä.

Järjestelmän suunnittelussa otetaan huomioon seuraavat seikat:

- Lämmönlähteen ohjaus
- Putkiston hallinta
- Antureiden käyttö
- Energia- ja polttoainetehokkuus

Lämmönlähteen toimintaa säädetään tarkasti sen sisäisten antureiden ja suljetun putkiston antureiden avulla. Putkiston virtaus ja paine säädetään niin, että ne vastaavat paljon optimaalista toimintaa. Lämpötila-, virtaus- ja paineanturit sijoitetaan strategisesti putkiston eri kohtiin ja paljuun, jotta saadaan mahdollisimman tarkka kuva järjestelmän toiminnasta. Sunttiventtiilin käyttö optimoi paluupuolen veden hyödyntämisen, mikä vähentää polttoaineen kulutusta.

Kokonaisuudessaan tämä insinöörityö pyrkii luomaan kokonaisvaltaisen näemyksen älykkään paljon järjestelmästä, joka yhdistää käyttömukavuuden, energiatehokkuuden ja turvallisuuden. Tämä vaatii paitsi teknistä osaamista ja järjestelmän suunnittelua myös käytännön asennusta ja testausta, jotta varmistetaan järjestelmän toimivuus ja luotettavuus erilaisissa olosuhteissa.

Työn rakenne on seuraava:

- Johdanto
- Suunnittelu ja toteutus
- Asennus ja testaus
- Yhteenveto ja johtopäätökset

Esitellään tutkimuksen tausta, tavoitteet ja keskeiset käsitteet. Kuvataan järjestelmän tekninen suunnittelu, komponenttien valinta ja toteutuksen vaiheet. Käsitellään järjestelmän asennusprosessit, testausmenetelmät ja tulokset. Tiivistetään työn tulokset, arvioidaan järjestelmän toimivuutta ja esitetään kehitysehdotuksia.

Kiertovesipumput vastaavat veden kierrättämisestä putkistossa, vaihtimen molemmin puolin. Varmistaen, että lämmin vesi saadaan siirtymään tehokkaasti lämmönlähteestä paljuun ja takaisin. Tämä pumppu asennetaan vesiverkoston paluupuolelle, mikä mahdollistaa jatkuvan ja tasaisen vedenkierron.

Sunttiventtiili yhdistää paluuveden linjan menovesilinjan kanssa, mikä mahdollistaa osan paluupuolen vedestä kierrättämisen takaisin lämmönlähteeseen. Tämä parantaa energiatehokkuutta hyödyntämällä paluupuolen veden jäljellä olevan lämmön ja vähentää lämmönlähteen työtaakkaa. PC1-tietokone ohjaa sunttiventtiiliä, varmistaen optimaalisen lämpötilan koko järjestelmässä reaaliaikaisten lämpötila- ja virtaustietojen perusteella.

Putkistoon asennetaan useita antureita, jotka seuraavat veden lämpötilaa, laattaa ja virtausta eri kohdissa järjestelmää. Lämpötila-antureita asennetaan meno- ja paluupuolelle, sekä itse paljuun strategisiin pisteisiin putkistossa varrella. Anturit seuraavat lämmönlähteestä lähtevän veden lämpötilaa, takaisin palaavan veden lämpötilaa erillinen lämpötila-anturi ja paljon eri tasojen lämpötiloja. Näiden tietojen avulla PC1-mikrokontrolleri säätelee sunttiventtiilin ja pumppujen toimintaa, jotta järjestelmä pysyy energiatehokkaana ja lämpötilat optimaalisina.

Kiertovesipumppujen virtausanturit mittaavat veden virtausta eri puolilla vaihdinta putkistossa, mikä auttaa seuraamaan järjestelmän toimintaa ja havaitsemaan mahdolliset tukokset tai virtausongelmat ajoissa.

Kaksisuuntainen vesiputkisto, jossa on virtauspumppu, paineenpitopumppu ja täyttöpumppu, varmistaa järjestelmän tehokkaan toiminnan ja energiatehokkuuden. Sunttiventtiilin avulla voidaan optimoida lämmönsiirto ja hyödyntää paluupuolen veden lämpöä, mikä vähentää lämmönlähteen kuormitusta. Anturit, jotka mittaavat lämpötilaa ja virtausta eri kohdissa putkistoa, tarjoavat reaaliaikaista dataa PC1-tietokoneelle, joka säätelee järjestelmän komponentteja optimaalisen suorituskyvyn varmistamiseksi. Näiden komponenttien huolellinen suunnittelu ja

sijoittelu ovat olennaisia järjestelmän toimivuuden, tehokkuuden ja luotettavuuden kannalta.

1.1.1 Lämmönlähde

Järjestelmän lämmönlähteenä toimii polttin, joka käyttää polttoaineenaan kevyttä polttoöljyä. (1.) Tämä polttin on aseteltu Kuva 1 mukaisesti. Putkisto polttimen puolella kiertää vaihtimeen, josta lämpö siirtyy toiseen putkistoon. Vaihtimen toisella puolen on palju.

PC1 (Arduino GIGA R1) seuraa jatkuvasti kattilan lämpötilaa ja säättää polttimen toimintaa sen mukaisesti. Polttimen toimintaa säädetään kattilan lämpötilan mukaan, ja tätä säätöä ohjaa järjestelmän keskusyksikkö, PC1. Kattilaan asennettu lämpötila-anturi mittaa veden lämpötilaa reaaliaikaisesti ja lähettää tiedot PC1:lle. PC1 vertaa mitattua lämpötilaa käyttäjän asettamaan tavoitelämpötilaan. Jos mitattu lämpötila on alhaisempi kuin tavoitelämpötila, PC1 käynnistää polttimen ja/tai lisää polttoaineen syöttöä. Kun tavoitelämpötila saavutetaan, PC1 säättää polttimen tehoa tai sammuttaa sen tarpeen mukaan.

Polttimen ja pumppujen tehokas hallinta PC1:n kautta mahdollistaa energian optimaalisen käytön. Lämpötilan tarkka säätö vähentää polttoaineenkulutusta ja parantaa järjestelmän kokonaistehokkuutta. Sisätiloihin asennettu järjestelmä on varustettu useilla turvatoimenpiteillä, kuten ylikuumenemissuojilla ja automaattisilla sulkuventtiileillä, jotka estävät vaaratilanteiden syntymisen.

1.1.2 Putkiston venttiilit

Putkiston venttiilit ovat keskeinen osa järjestelmän toimivuutta ja huollettavuutta. Niiden avulla voidaan eristää putkiston eri osat, hallita virtausta, ja varmistaa järjestelmän turvallinen käyttö sekä helppo ylläpito. Venttiilien sijoittelu ja tyyppi valitaan tarkasti putkiston toiminnan, huollon ja ylläpidon tarpeiden mukaan.

Lämmönlähteen läheisyydessä: Sulkuventtiilit asennetaan lämmönlähteen molemmin puolin, mikä mahdollistaa lämmönlähteen eristämisen huolto- tai korjaustöiden ajaksi ilman, että koko putkisto tarvitsee tyhjentää. Tämä lisää järjestelmän joustavuutta ja vähentää käyttökatkojen kestoa.

Sulkuventtiilit sijoitetaan myös paljon sisään- ja ulostuloihin, mikä mahdollistaa paljon eristämisen putkistosta. Tämän ansiosta voidaan suorittaa huoltotoimenpiteitä paljussa tai putkistossa hävittämättä suuria määriä vettä.

Huoltoventtiilit asennetaan kriittisiin pisteisiin putkistossa, kuten korkeimpiin kohtiin ja matalimmille alueille, joissa voidaan suorittaa vedenpoisto tai ilmaus. Nämä venttiilit mahdollistavat putkiston osien eristämisen ja tyhjentämisen huoltoa varten ilman, että koko järjestelmä tarvitsee sammuttaa.

Venttiilien käytännön hyödyt

- Helppo eristäminen
- Veden säästäminen
- Onnettomuuksien ehkäisy
- Ilmauksen mahdollistaminen

Järjestelmän huollon ja ylläpidon vuoksi on tärkeää putkistossa olevien venttiilien hyvä suunnittelu ja sijoittaminen strategisiin pisteisiin. Sulkuventtiilien ansiosta yksittäisiä osia putkistosta voidaan eristää nopeasti ja helposti, mikä helpottaa huoltoa ja korjausta. Tämä vähentää huoltokustannuksia ja parantaa järjestelmän käytettävyyttä. Sulkuventtiilien avulla voidaan säilyttää järjestelmässä oleva vesi huoltotoimenpiteiden ajaksi, mikä estää veden haaskausta.

Venttiilien avulla voidaan nopeasti katkaista veden virtaus hätätilanteissa, kuten vuotojen tai laitevikaantumisten yhteydessä. Tämä vähentää vesivahinkojen riskiä ja parantaa työskentelyturvallisuutta. Huoltoventtiilit mahdollistavat ilmakuplien poistamisen järjestelmästä, mikä estää ilmalukkojen muodostumisen ja varmistaa vesipumppujen tehokkaan toiminnan.

Venttiilien tekninen toteutus vaatii huolellista suunnittelua ja korkealaatuisten komponenttien valintaa. Venttiilien materiaalin valinta perustuu putkiston käyttölämpötilaan ja -paineeseen. Tavallisesti käytetään korroosionkestäviä materiaaleja, kuten messinkiä tai ruostumatonta terästä, jotka kestävät pitkään ja takaavat luotettavan toiminnan. Automaattiset venttiilit mahdollistavat etäohjauksen ja automaattisen toiminnan, mikä parantaa järjestelmän joustavuutta ja hallittavuutta.

1.1.3 Erikoisventtiilit

Järjestelmässä käytettävät erikoisventtiilit, kuten sunttiventtiilit ja ilmaamisventtiilit, ovat keskeisessä roolissa lämmönsiirron optimoinnissa ja järjestelmän turvallisuuden varmistamisessa. Näiden venttiilien avulla voidaan hallita lämmönsiirtoa ja estää ilmakuplien muodostuminen suljetussa järjestelmässä.

Sunttiventtiili, jota käytetään myös nimityksillä shuntti ja šuntti, asennetaan järjestelmään lämmön hyötykäytön maksimoimiseksi. Sunttiventtiili yhdistää vesiputkiston lähtö- ja paluulinjat, mikä mahdollistaa veden kierron siten, että lämmönlähteen tuottama lämpö hyödynnetään mahdollisimman tehokkaasti. Sunttiventtiilin erityispiirteenä on sen automaattinen ohjaus, joka toteutetaan PC1-tietokoneella (Arduino GIGA R1).

Sunttiventtiiliä ohjaa PC1-mikrokontrolleri, joka saa dataa useista antureista putkiston varrella. Tämän perusteella ohjelma antaa perusteet ajaa sunttia. Tietokone analysoi lämpötilatiedot reaaliajassa ja säätää sunttiventtiiliä optimoiden lämpötilan putkistossa. Tämä varmistaa, että paljon paluupuolella olevat viimeiset lämmöt hyödynnetään, ja lähtevän veden lämpötila pysyy tasaisena, vaikka lämmönlähde joutuisikin työskentelemään suuremmalla teholla hetkellisesti.

Ilmaamisventtiilit ovat olennaisia suljetuissa vesijärjestelmissä, sillä ne varmistavat, että putkistoon ei muodostu ilmakuplia, jotka voisivat heikentää järjestelmän tehokkuutta ja aiheuttaa toimintahäiriöitä. Ilmaamisventtiilit asennetaan strategisiin paikkoihin, kuten lämmönlähteen ja muiden kriittisten komponenttien läheisyyteen. Ilmaamisventtiilit poistavat automaattisesti ilmajäteitä putkistosta, mikä

varmistaa veden vapaan kierron ja estää ilmakuplien aiheuttamat ongelmat. Näiden venttiilien ansiosta vesipumput toimivat optimaalisesti ja järjestelmän paine pysyy vakaana.

Lämmitys-, vesi- ja ilmanvaihtotekniikassa (LVI-tekniikka) sunttiventtiilit ja ilmaamisventtiilit ovat keskeisiä komponentteja, jotka parantavat järjestelmien energiatehokkuutta ja turvallisuutta. Sunttiventtiilin avulla voidaan hallita veden lämpötilaa tarkasti, mikä on erityisen tärkeää lämmönsiirrossa. Nykyajan sunttiventtiilit tarjoavat mahdollisuuden manuaaliseen tai automaattiseen säätöön, mikä lisää niiden käyttömahdollisuuksia erilaisissa sovelluksissa.

Erikoisventtiilit lisäävät järjestelmän turvallisuutta ja huoltovarmuutta, sillä ne mahdollistavat nopean reagoinnin poikkeaviin olosuhteisiin.

Niiden avulla voidaan optimoida lämmönsiirtoa, varmistaa järjestelmän turvallisuus ja parantaa energiatehokkuutta. PC1-tietokoneen ohjaamat automaattiset venttiilit mahdollistavat järjestelmän tarkan ja reaaliaikaisen hallinnan, mikä on välttämätöntä nykyaikaisissa LVI-järjestelmissä.

1.1.4 Putkiston tarkkailu

Putkiston tarkkailu on keskeinen osa järjestelmän toimintaa, sillä sen avulla varmistetaan lämmönsiirron tehokkuus ja turvallisuus. Putkiston varrella olevat lämpötila-anturit, paineanturit ja virtausanturit keräävät jatkuvasti tietoa, joka syötetään PC1-tietokoneelle analysoitavaksi.

Lämpötila-anturi mittaa putkistosta poistuvan veden lämpötilaa heti lämmönlähteen jälkeen. Tämä anturi varmistaa, että vesi on lämmitetty haluttuun lämpötilaan ennen sen siirtymistä putkistoon. Lämpötila-anturi mittaa putkistoon palaavan veden lämpötilaa ennen sen uudelleenlämmitystä. Tämä tieto on tärkeä lämmönlähteen toiminnan optimoinnin kannalta. Kolme eri tasolle sijoitettua lämpötila-anturia mittaavat paljon veden lämpötilaa (pohja, keskitaso ja pinta). Tämä mahdollistaa paljon veden lämpötilaprofiilin tarkan seurannan ja sekoittamisen arvioinnin.

KV1 ja KV2 virtausanturit mittaavat veden virtausnopeutta. Näiden tietojen perusteella voidaan varmistaa, että vesi liikkuu tehokkaasti ja tasaisesti, mikä on olennaista järjestelmän energiatehokkuuden ja suorituskyvyn kannalta.

Paineanturit mittaavat veden painetta eri osissa putkistoa. Oikea paine estää ilmakuplien muodostumisen ja takaa kiertovesipumppujen optimaalisen toiminnan. Lämpötila-antureiden dataa hyödyntämällä voidaan optimoida lämmönlähteen ja pumppujen toiminta, mikä vähentää energian ja polttoaineen kulutusta.

Lämpötila-antureiden avulla varmistetaan, että vesi pysyy halutussa lämpötilassa koko putkiston matkan ajan. Paine- ja virtausanturit takaavat, että veden paine ja virtaus pysyvät optimaalisina, mikä estää ilmakuplien muodostumisen ja varmistaa pumppujen tehokkaan toiminnan.

Järjestelmän suunnittelu ja anturien sijoittelu on optimoitu niin, että ne tarjoavat kattavan ja tarkan kuvan putkiston ja lämmönlähteen toiminnasta. Reaaliaikainen data mahdollistaa järjestelmän komponenttien tarkan ohjauksen ja optimoinnin, mikä parantaa käyttömukavuutta ja vähentää energiankulutusta.

1.2 Datan hankinta

Datan hankinta järjestelmässä perustuu tarkasti sijoitettuihin antureihin, jotka valvovat vesiputkiston toimintaa ja tuottavat kriittistä tietoa järjestelmän hallintaa varten. Anturit ovat avainasemassa lämpötilan, veden virtauksen ja paineen mittaamisessa, mikä mahdollistaa järjestelmän optimaalisen toiminnan ja turvallisuuden.

PC1 on järjestelmän keskeinen piirilevy, joka kerää ja analysoi kaikki antureilta saadut tiedot. Analysoimalla lämpötila-, paine- ja virtausdataa PC1 optimoi lämmönlähteen ja vesipumppujen toimintaa, vähentäen energian kulutusta ja parantaen järjestelmän kokonaistehokkuutta. PC1 tarkkailee jatkuvasti järjestelmän toimintaa ja voi automaattisesti säätää komponentteja tai sammuttaa ne havaitessaan poikkeamia, jotka voivat viitata turvallisuusriskeihin, kuten putki-
vuotoihin tai ylikuumenemiseen. PC1 keräämät tiedot auttavat ennakoimaan

huoltotarpeita. Esimerkiksi paine- ja virtauspoikkeamat voivat viitata putkiston tukkeumiin tai kulumiseen, jolloin järjestelmän osat voidaan huoltaa ennen suurempien ongelmien syntymistä.

Käytännön hyödyt, jota datan kerääminen ja käsittely tuo:

- Reaaliaikainen valvonta
- Tarkka säätö
- Ennakoiva huolto

Järjestelmän suunnittelu ja anturien sijoittelu ovat optimoitu siten, että ne tarjoavat kattavan näkymän koko putkiston ja lämmönlähteen toiminnasta. Tämä mahdollistaa järjestelmän tarkan hallinnan ja optimoinnin:

PC1 mahdollistaa reaaliaikaisen datan analysoinnin ja päätöksenteon, mikä parantaa järjestelmän responssisuutta ja tehokkuutta. Anturien tuottama data mahdollistaa vesiputkiston komponenttien tarkan säädön, mikä parantaa käyttömukavuutta ja turvallisuutta. Datan analysoinnin avulla voidaan ennakoida ja suunnitella huoltotoimenpiteitä, vähentäen käyttökatkoja ja pidentäen järjestelmän elinikää.

PC1-tietokone kerää ja analysoi antureiden tuottamat tiedot reaaliajassa. Tämä mahdollistaa tarkat säädöt ja optimoinnin seuraavilla tavoilla:

- Sunttiventtiilin ohjaus
- Lämmönlähteen ohjaus
- Pumppujen ohjaus
- Kiertovesipumppujen ohjaus

Antureiden jatkuva valvonta mahdollistaa nopean reagoinnin poikkeamiin, kuten ylikuumenemiseen, paineenvaihteluihin tai virtauksen häiriöihin. PC1 voi auto-

maattisesti säätää komponentteja tai käynnistää turvatoimenpiteitä havaitessaan poikkeamia. Järjestelmä pystyy reagoimaan nopeasti muuttuviin olosuhteisiin, mikä parantaa sen tehokkuutta ja luotettavuutta.

1.2.1 Lämpötila-anturit

Järjestelmän tarkka lämpötilan hallinta perustuu moniin strategisesti sijoitettuihin lämpötila-antureihin. Nämä, Kuva 2, anturit mittaavat veden lämpötilaa eri osissa vesiputkistoa ja paljujärjestelmää, tarjoten kriittistä dataa lämmönlähteen ja sunttiventtiilin ohjausta varten.



Kuva 2. Lämpötila-anturi.

Lämpötila-anturi lähtevässä osuudessa mittaa putkistosta lähtevän veden lämpötilaa heti lämmönlähteen jälkeen. Tämä anturi varmistaa, että lämmitysjärjestelmä tuottaa ja ylläpitää vaaditun lämpötilan tehokkaasti ja turvallisesti.

Lämpötila-anturi palaavassa osuudessa mittaa putkistoon palaavan veden lämpötilaa ennen sen uudelleenlämmitystä. Tämän anturin tiedot ovat ratkaisevia lämmitysjärjestelmän tehokkuuden ja energiatehokkuuden optimoimiseksi.

Paljussa on kolme lämpötila-anturia, jotka on sijoitettu eri tasoille (pohja, keskitaso ja pinta). Nämä anturit tarjoavat kattavan kuvan paljon lämpötilaprofiilista, mikä mahdollistaa tarkemman lämpötilan hallinnan ja käyttömukavuuden.

Lämpötila-anturi putkistossa ennen lämmönlähdettä mittaa veden lämpötilaa juuri ennen sen siirtymistä takaisin lämmitysyksikköön. Tämä anturi auttaa optimoimaan lämmönlähteen toimintaa ja estää ylikuumentumisen tai alilämmityksen.

Lämpötila-anturit lähettävät jatkuvasti dataa PC1:lle, joka käyttää näitä tietoja säätääkseen polttimen toimintaa. PC1 varmistaa, että poltin tuottaa juuri tarvittavan määrän lämpöä, säilyttäen tasapainon energiatehokkuuden ja tavoitelämpötilan välillä.

Antureiden tiedot ohjaavat myös suuntiventtiilin toimintaa, joka säätelee veden kiertoa ja sekoittumista järjestelmässä. Suuntiventtiilin tarkka ohjaus mahdollistaa tasaisen lämpötilan jakautumisen putkistossa ja paljussa, estäen lämpötilaerojen syntymisen.

Antureiden jatkuva datankeruu mahdollistaa järjestelmän dynaamisen optimoinnin, mikä vähentää polttoaineen kulutusta ja parantaa energiatehokkuutta. PC1 analysoi lämpötilatietoja reaaliaikaisesti ja tekee tarvittavat säädöt, jotta järjestelmä toimii mahdollisimman tehokkaasti.

Järjestelmä on varustettu turvallisuusominaisuuksilla, kuten ylikuumentumissuojilla, jotka perustuvat lämpötila-antureiden dataan. Jos anturit havaitsevat poikkeamia normaalista lämpötilasta, PC1 voi käynnistää turvatoimenpiteet, kuten polttimen sammutuksen tai jäähdytyspumpun aktivoimisen.

Antureiden avulla voidaan ennakoida mahdollisia vikoja ja järjestelmän huoltotarpeita. Säännöllinen anturidatan analyysi auttaa havaitsemaan ongelmat, kuten putkiston tukokset tai vuodot, jo ennen niiden eskaloitumista vakaviksi ongelmiksi.

Lämpötila-anturi mittaa veden lämpötilaa välittömästi lämmönlähteen jälkeen. Tämä tieto on tärkeää, jotta voidaan varmistaa, että vesi on lämmitetty haluttuun lämpötilaan ennen sen siirtymistä putkistoon. Anturi mittaa veden lämpötilaa, kun se palaa putkistosta takaisin lämmönlähteeseen. Tämä auttaa arvioimaan, kuinka paljon lämpöä on menetetty matkalla ja kuinka tehokkaasti järjestelmä toimii. Kolme eri tasolle sijoitettua anturia mittaavat paljon lämpötilaa, antaen kokonaisvaltaisen kuvan veden lämpötilajakaumasta. Tämä varmistaa, että käyttäjille taataan miellyttävä ja tasainen lämpökokemus.

1.2.2 Veden paine-, lämpötila sekä virtausanturit

Järjestelmässä käytetään erilaisia antureita veden liikkumisen ja putkiston toiminnan tarkkailuun. Näihin kuuluvat veden paine- ja virtausanturit, jotka ovat keskeisiä putkiston ja vesipumppujen hallinnassa. Näiden anturien avulla varmistetaan, että järjestelmä toimii optimaalisesti ja turvallisesti.

Paineanturit mittaavat putkiston vedenpaineen reaaliaikaisesti. Ne takaavat, että paine pysyy tasaisena ja riittävänä vesipumppujen toiminnan kannalta. Oikea paine estää ylimääräisten ilmakuplien muodostumisen putkistoon, mikä voisi heikentää järjestelmän tehokkuutta ja aiheuttaa toimintahäiriöitä.

KV1 ja KV2 virtausanturit mittaavat veden virtausnopeuden putkistossa, ja ohjaavat tämän perusteella pumput tehokkuutta. Ne auttavat varmistamaan, että vesi liikkuu tehokkaasti ja tasaisesti läpi koko järjestelmän. Virtausantureiden, Kuva 3, avulla voidaan havaita mahdolliset tukokset tai virtauksen häiriöt, jotka voivat johtua esimerkiksi putkiston likaantumisesta tai rasvan kerääntymisestä.



Kuva 3. Veden virtausanturi.

Paine- ja virtausantureiden avulla voidaan havaita putkiston paineen tai virtauksen äkilliset muutokset. Esimerkiksi paineen äkillinen lasku voi viitata putkiston vuotoon.

Virtausnopeuden merkittävä väheneminen voi myös olla merkki vuodoista tai tukoksista. Jos virtausanturit osoittavat veden virtausnopeuden hidastumista, tämä voi viitata tukkeutumisiin putkistossa. Tukokset voivat syntyä esimerkiksi lian tai rasvan kerääntymisen seurauksena.

Järjestelmän jatkuva seuranta paine- ja virtausantureiden avulla mahdollistaa ennakoivan huollon. Säännöllisten tarkastusten ja antureiden datan analysoinnin avulla voidaan suunnitella huoltotoimenpiteitä ja estää ongelmien eskaloituminen. Tämä ennakoiva lähestymistapa parantaa järjestelmän luotettavuutta ja käyttöikää, vähentäen samalla huoltokustannuksia ja käyttökatkoksia.

Antureiden avulla voidaan varmistaa, että vesipumput toimivat turvallisesti ja tehokkaasti, ylläpitäen tarvittavaa painetta putkistossa. Paineen ja virtauksen jatkuva valvonta estää vaaratilanteiden syntymisen ja mahdollistaa nopean reagoinnin poikkeustilanteisiin. Optimaalinen paine ja virtaus takaavat energiatehokkuuden, sillä vesipumppuja ei tarvitse ylikuormittaa tai käyttää tarpeettomasti suuria määriä energiaa.

KV1 ja KV2 tarkkailevat putkistojen virtauksen tasaisuudesta ja pitävät huolta virtauksesta. Näiden avulla voidaan seurata, että vesi liikkuu tehokkaasti ja tasaisesti, mikä on olennaista järjestelmän toimivuudelle ja energiankulutuksen optimoinnille. Mittaavat veden painetta putkistossa varmistaen, että paine pysyy optimaalisena. Oikea paine estää ilmakuplien muodostumisen ja takaa, että vesipumput toimivat oikein. Mittaavat kattilan ja polttimen toimintaa. Näiden avulla varmistetaan, että poltin toimii tehokkaasti ja turvallisesti, estäen ylikuumenemisen ja optimoiden polttoaineen kulutuksen.

Paine- ja virtausantureiden avulla voidaan ennakoida putkiston mahdollisia tukoksia tai vuotoja, mikä mahdollistaa huoltotoimenpiteiden ajoittamisen ennen suurten ongelmien syntymistä.

1.2.3 Lämmönlähde

Duunihemmot Oy:lla on valmiiksi lämmönlähde, jota käytetään projektissa. Kyseessä on kevyt polttoöljyn poltin. Projektin kokonaisuus suunnitellaan lämmönlähteen ja itse paljun ympärille. Tätä voidaan ohjata PC1:llä, jonka ohjelma antaa toiminnanohjeet. Lämmönlähde on kytketty rakennuksen sisälle, ja se toimii talon sähköillä.

Tietokone PC1 ohjaa lämmönlähdettä tiedon perusteella, jota se kerää. Siinä se huomioi anturit, ja datalla, jota myös lämmönlähde lähettää. Paljussa yritetään pitää lämpötila pyydetyssä lämpötilassaan. Sunttiventtiili saa järjestelmään lämmön tasaisuutta, sekä lämmöntehtokkuutta hyötykäyttämällä paluueden lämpöjä.

1.3 Tietokone, datan käsittely ja sen käyttö.

Järjestelmän keskeisenä tietokoneena toimii mikrokontrolleri Arduino GIGA R1, joka kerää dataa useista antureista. Kuva 4. (2.) Tämä tietokone, joka on nimetty PC1:ksi, on asennettu piirilevyille (PCB). PC1:n prosessori on STM32H747XI, joka vastaa tietojen käsittelystä ja järjestelmän ohjaustoiminnoista.



Kuva 4. Arduino GIGA R1

PC1 kerää dataa antureista ja mittareista, jotka on sijoitettu putkistoon sekä paljuun. Näiden anturien avulla mitataan lämpötilaa, painetta ja muita olennaisia parametreja, jotka ovat kriittisiä järjestelmän toiminnalle. Kerätty data mahdollistaa tarkan ja reaaliaikaisen seurannan paljun ja putkiston olosuhteista.

Järjestelmän verkostossa on useita komponentteja, kuten lämpötila- ja painemittareita, venttiilejä, lämmönlähteitä ja pumppuja. PC1 ohjaa näitä komponentteja ohjelmiston avulla, joka säätelee järjestelmän toimintaa antureilta saadun datan perusteella.

Ohjelmisto tarkkailee jatkuvasti paljon ja putkiston lämpötilaa. Saatujen tietojen perusteella se säättää esimerkiksi sunttiventtiiliä, joka mahdollistaa tarkan lämpötilan hallinnan. Sunttiventtiilin ohjaaminen on olennainen osa järjestelmää, sillä se auttaa jakamaan lämpöä tasaisesti ja ylläpitämään asetettua lämpötilaa.

Järjestelmän päätoiminnot ovat seuraavat:

- Datat keruu
- Datat käsittely
- Lämpötilan säätö
- Pumppujen hallinta
- Käyttöliittymä

Antureista ja mittareista saatu data syötetään PC1:lle reaaliaikaisesti. PC1:n prosessori analysoi saadun datan ja tekee tarvittavat päätökset järjestelmän ohjauksessa. Ohjelmisto säättää lämmönlähteitä ja venttiilejä varmistaen, että palju ja putkisto pysyvät käyttäjän asettamassa lämpötilassa. Pumput varmistavat veden kierron ja lämpötilan tasaisuuden järjestelmässä. Käyttäjän asettamat tavoitelämpötilat ja antureilta saadut reaaliaikaiset lämpötilat näkyvät käyttöliittymänäytössä.

Järjestelmä on suunniteltu toimimaan energiatehokkaasti ja luotettavasti, mikä minimoi polttoaineen kulutuksen ja maksimoi käyttömukavuuden. PC1:n ohjelmistoa voidaan myös päivittää ja mukauttaa, mikä mahdollistaa järjestelmän joustavuuden ja skaalautuvuuden eri käyttötarkoituksiin.

Kokonaisuudessaan tämä järjestelmä tarjoaa älykkään ja tehokkaan ratkaisun paljon ja putkiston lämpötilanhallintaan, varmistaen optimaaliset käyttöolosuhteet ja energiatehokkuuden.

PC1 valvoo jatkuvasti järjestelmän tilaa ja optimoi sen toimintaa reaaliaikaisten tietojen perusteella. Tämä sisältää:

- Lämpötilojen seuranta
- Paine- ja virtausanturit
- Vikadiagnostiikka

Lämpötila-anturit seuraavat sekä kattilan että paljun lämpötiloja, mikä mahdollistaa tarkat säädöt. Nämä anturit takaavat, että vedenpaine ja virtaus pysyvät optimaalisina, mikä estää ilmakuplien muodostumisen ja tukkeutumisesta putkistossa. Järjestelmä tunnistaa ja ilmoittaa mahdollisista ongelmista, kuten putki- vuodoista tai tukoksista, mahdollisimman varhaisessa vaiheessa, mikä vähentää käyttökatkoksia ja huoltokustannuksia.

1.3.1 Arduino GIGA R1, PC1

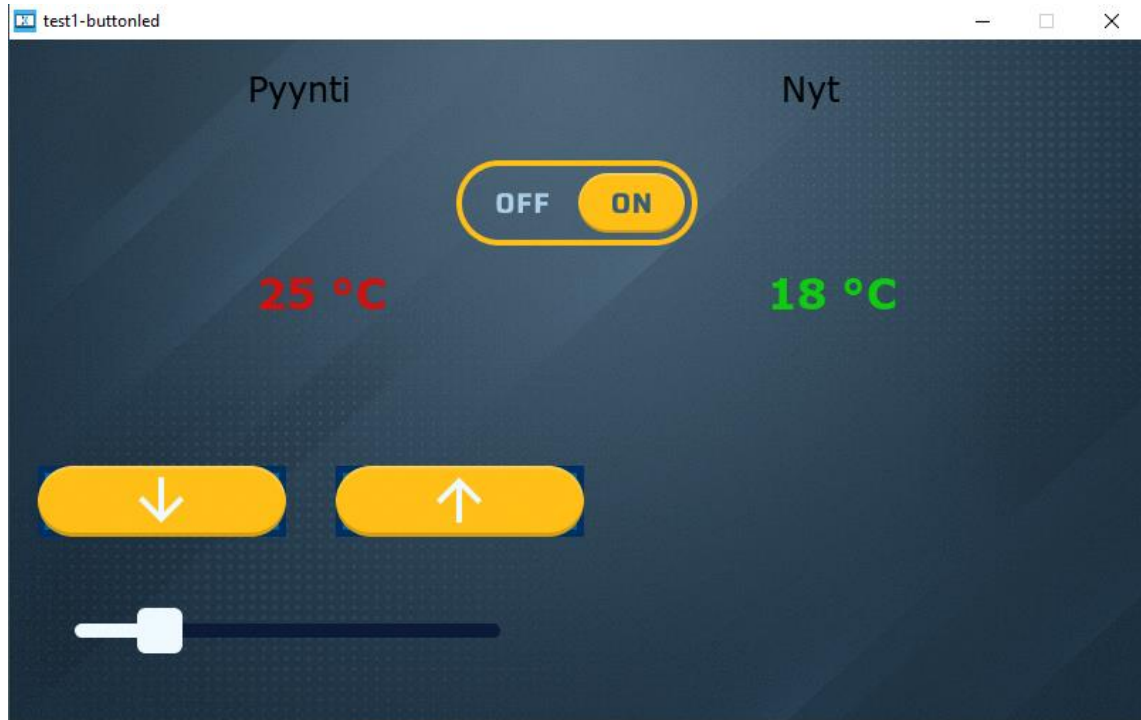
Järjestelmän keskeisenä osana toimii Arduino GIGA R1 -mikroprosessori Kuva 4, joka on kytketty käyttöliittymään esittävään näyttöön PC1:n kautta. Tämä mikroprosessori suorittaa ohjelmaa, joka säätelee järjestelmän lämpötiloja halutulle tasolle.

Arduino GIGA R1:ltä vaaditaan ohjelmoitavat GPIO-liitännät (General-Purpose Input/Output), joiden kautta anturit saavat käyttövirtansa. Anturit mittaavat ympäristön lämpötiloja ja syöttävät nämä tiedot mikroprosessorille, joka käyttää niitä lämpötilan säätelyyn. Mikroprosessorin GPIO-liitännät mahdollistavat myös venttiilien ja pumppujen ohjauksen, mikä on oleellista järjestelmän toiminnan kannalta.

Mikrokontrolleriin ohjelmoidut algoritmit mahdollistavat järjestelmän automaattisen toiminnan, joka optimoi lämmönsiirron ja energiatehokkuuden.

Näyttö, joka on kytketty PC1:een, toimii käyttöliittymänä ja näyttää reaaliaikaiset lämpötilatiedot sekä käyttäjän asettaman tavoitelämpötilan. (3.) Käyttöliittymän, kuva 5, kautta käyttäjä voi asettaa halutun lämpötilan, jota järjestelmä ylläpitää.

Näyttö tarjoaa selkeän ja intuitiivisen käyttöympäristön, mikä parantaa käyttäjäkokemusta ja helpottaa järjestelmän hallintaa.



Kuva 5. Pääteen käyttöliittymästä kuva.

Mikroprosessori suorittaa ohjelmaa, joka sisältää suljetun piirin säätöalgoritmin. Tämä algoritmi vertaa jatkuvasti antureilta saatavia lämpötilatietoja käyttäjän asettamaan tavoitelämpötilaan ja tekee tarvittavat säädöt lämmönlähteeseen ja pumppuihin. Tämä mahdollistaa tarkasti hallitun ja energiatehokkaan lämpötilan ylläpidon.

PC1:n hallintapääteenä käytetään kosketusnäyttöä, joka mahdollistaa järjestelmän helpon hallinnan ja seurannan. Käyttöliittymän suunnittelussa painotetaan yksinkertaisuutta ja toimintavarmuutta, jotta käyttäjä voi vaivattomasti hallita järjestelmää. Päätteeltä voidaan käynnistää ja sammuttaa palju helposti. Kokonai-

suudessaan järjestelmä on suunniteltu tarjoamaan luotettava, tarkka ja käyttäjäystävällinen lämpötilanhallinta, joka perustuu reaaliaikaisiin anturitietoihin ja tehokkaisiin säätöalgoritmeihin. Tämä varmistaa, että palju pysyy aina käyttäjän asettamassa lämpötilassa, minimoiden energiankulutuksen ja maksimoiden käyttömukavuuden.

1.3.2 Datan funktio

Ohjelma toimii reaaliaikaisesti kerätyn datan perusteella, ohjaten pumppuja, lämmönlähteitä sekä putkiston venttiilejä. Paljun käynnistyessä käyttäjä asettaa halutun lämpötilan käyttöliittymän kautta. Käyttöliittymässä ja näytöllä esitetään sekä käyttäjän asettama lämpötila että antureista saatu todellinen lämpötila, mikä mahdollistaa tarkkailun ja säädön tarkasti.

Ohjelma hallinnoi lämmönlähdettä, putkiston venttiilejä ja pumppuja taustaprosessina. Se seuraa jatkuvasti antureiden lukemia ja vertaa niitä asetettuun tavoitelämpötilaan. Jos todellinen lämpötila poikkeaa asetetusta lämpötilasta, ohjelma käynnistää tai säätää lämmönlähdettä ja pumppuja tarpeen mukaan, optimoiden energian kulutuksen ja varmistaen halutun lämpötilan säilymisen.

Käyttöliittymä tarjoaa käyttäjälle helpon tavan asettaa ja seurata lämpötilaa, sekä tarvittaessa muokata asetuksia. Järjestelmä hyödyntää suljettua silmukkaa, joka mahdollistaa automaattisen säädön ja optimoinnin ilman jatkuvaa käyttäjän valvontaa. Tämä tekee järjestelmästä käyttäjäystävällisen ja tehokkaan.

Lisäksi ohjelma sisältää turvallisuusominaisuuksia, jotka estävät järjestelmän ylikuumentumisen tai vaurioitumisen. Esimerkiksi, jos lämpötila nousee liian korkeaksi, ohjelma voi katkaista lämmönlähteen virran ja käynnistää jäähdytispumpun. Näin varmistetaan järjestelmän turvallinen ja luotettava toiminta kaikissa olosuhteissa.

1.3.3 Tekoäly

Mikroprosessori PC1 on järjestelmän älykäs ydin, joka käsittelee jatkuvasti antureilta tulevaa dataa ja ottaa huomioon kuluvan ajan. PC1:een on integroitu tekoäly, joka ohjaa järjestelmän toimintaa tehokkaasti ja turvallisesti. Tekoäly analysoi antureilta saatua dataa ja tekee tarvittavat säädöt reaaliajassa. Tekoälyn rooli järjestelmässä on monipuolinen ja keskeinen, sillä se hallitsee lämmönlähteen toimintaa, veden virtausta, sunttiventtiiliä sekä muita putkiston venttiileitä. Järjestelmä toimii pääasiassa autonomisesti, lämpö- sekä virtatehokkaasti. Käyttäjän ei tarvitse hallita pumppuja, venttiileitä tai lämmönlähdettä manuaalisesti.

Tekoälyn toiminnot

- Anturidatan kerääminen ja käsittely
- Lämmönlähteen ohjaus
- Suntti- ja muiden venttiilien Ohjaus
- Veden virtauksen säätely

Tekoäly analysoi reaaliaikaisesti lämpötila-antureiden lähettämää dataa sekä meno- että paluupuolelta. Tämä data antaa tekoälylle tiedot lämmönlähteen tehokkaaseen ja energiatehokkaaseen ohjaamiseen. Algoritmit säätävät lämmönlähteen tehoa sen perusteella, kuinka paljon lämpöenergiaa tarvitaan tavoitelämpötilan saavuttamiseksi ja ylläpitämiseksi paljussa.

Tekoäly käsittelee antureilta saatua dataa, ottaa huomioon kuluvan ajan ja säätelee järjestelmän komponentteja varmistaakseen tehokkaan, turvallisen ja käyttäjän toiveiden mukaisen toiminnan. Käyttöliittymän kautta saatu lämpötilapyynti ohjaa tekoälyn algoritmeja, jotka laskevat tarvittavat toimenpiteet tavoitelämpötilan saavuttamiseksi ja ylläpitämiseksi.

Tekoäly hallitsee sunttiventtiilin toimintaa lämpötila-antureiden tietojen perusteella. Se säättää venttiilin asentoa niin, että paluuv veden lämpö saadaan hyödynnettyä maksimaalisesti, mikä vähentää lämmönlähteen työtaakkaa. Tämä optimointi parantaa järjestelmän energiatehokkuutta ja vähentää polttoaineen kulutusta.

Tekoäly valvoo virtausantureiden dataa, joka kuvaa veden liikettä putkistossa. Tämän datan perusteella tekoäly optimoi virtauspumppujen toimintaa, varmistuen tasaisen vedenkierron ja estäen mahdolliset tukokset. Algoritmit laskevat myös optimaalisen vedenkierron nopeuden energiatehokkuuden maksimimiseksi ja lämmön tasaiseksi jakamiseksi paljon ja lämmönlähteen välillä.

Tekoäly ohjaa myös muita järjestelmän venttiileitä, kuten ilmaus- ja täyttöventtiileitä, varmistuen, että järjestelmä toimii optimaalisesti ja ilman ylimääräisiä häiriöitä. Algoritmit voivat esimerkiksi avata ilmausventtiileitä poistaakseen mahdolliset ilmalukot tai sulkea täyttöventtiilin, kun putkisto on täynnä ja paine optimaalisella tasolla.

2 Järjestelmän asennus

Seuraavaksi käydään läpi ja tutustaan järjestelmän asennukseen. Käymme läpi, kuinka komponentit asennetaan, ja kuinka ne lisätään ohjelmistoon.

2.1 Vesijärjestelmän asennus

Vesijärjestelmän asennus on keskeinen osa projektin onnistumista, sillä sen tarkoitus on varmistaa tehokas ja luotettava lämmönsiirto lämmönlähteen ja paljon välillä. Järjestelmän suunnittelu ja asennus vaativat huolellista suunnittelua ja toteutusta, jotta kaikki komponentit toimivat saumattomasti yhteen ja järjestelmä pysyy toimintavarmana pitkään.

Ensimmäinen vaihe on maankaivuu, jossa kaivetaan sopivan syvyiset ja leveydeltään riittävät kaivannot putkistolle. Kaivuutyöt suunnitellaan siten, että ne eivät häiritse rakennuksen muita rakenteita ja että mahdollistavat putkiston optimaalisen sijoittelun.

Yhteenveto

Vesijärjestelmän asennus vaatii huolellista suunnittelua ja tarkkaa toteutusta, jotta järjestelmä toimii optimaalisesti ja luotettavasti. Maanalainen putkiston asennus parantaa lämmön säilymistä ja suojaa putkistoa vaurioilta. Lämmönlähteen, pumppujen ja mikroprosessorin sijoittelu autotalliin ja talon sisälle tarjoaa suojan sääolosuhteilta ja helpottaa huoltoa. Kaivuutyöt ja putkiston asennus suoritetaan tarkasti suunnitellusti, ja sunttiventtiin sijoittaminen lähelle paljua parantaa järjestelmän energiatehokkuutta. Kaikki nämä toimenpiteet yhdessä takaavat vesijärjestelmän pitkäikäisyyden, tehokkuuden ja toimintavarmuuden.

2.1.1 Putkisto

Putkisto on upotettava maahan lämmönlähteen ja paljon välille. Tämä ratkaisu tarjoaa seuraavat edut:

- Suojaus Ulkoisilta Vaikutuksilta
- Lämmön Säilyminen
- Putkiston Asennus

Putkisto tehdään PE-Xa muoveista. Putkella on erillinen suojaputki, joka on PE-muovia. Molemmat vesiputket ovat lämpöeristetty umpisoluisella PEX-vaahotuovilla. (4.)

Maanalainen asennus suojaa putkistoa sääolosuhteilta, mekaanisilta vaurioilta ja lämpötilanvaihteluilta, mikä parantaa sen kestävyyttä ja käyttöikää. Maan alla kulkeva putkisto säilyttää veden lämpötilan paremmin, mikä parantaa järjestelmän energiatehokkuutta.

Autotalliin sijoitetut pumput ja sähköliitännät tarjoavat keskitetyn ja suojatun paikan vesijärjestelmän toiminnan ylläpitämiseksi. Tämä helpottaa myös huoltoa ja mahdollisten vikojen korjausta. Sijoittamalla lämmönlähde ja pumput autotalliin, ne pysyvät suojassa sääolosuhteilta ja ovat helposti huollettavissa. Tämä vähentää komponenttien kulumista ja pidentää niiden käyttöikää.

2.1.2 Lämmönlähde

Lämmönlähde sijaitsee rakennuksen autotallissa. Tämä sijainti tarjoaa suojan sääolosuhteilta ja helpottaa laitteen huoltoa ja valvontaa.

Sähköliitännät vedetään autotallista, jossa ne ovat suojassa kosteudelta ja mekaanisilta vaurioilta. Kaapeloinnissa käytetään korkealaatuisia materiaaleja, jotka kestävät ympäristön rasitukset.

2.1.3 Palju

Palju on upotettu talon terassiin, mikä mahdollistaa sen esteettömän käytön ja suojaa sitä sääolosuhteilta.

2.2 Elektroniikan asennus

Elektroniikan asennus on keskeinen osa vesijärjestelmän hallintaa ja automaatiota. Tässä osiossa keskitytään erityisesti mikrokontrollerin, anturien, venttiilien ja kaapeloinnin asennukseen sekä näiden osien yhteistoimintaan. Kaikkien komponenttien saumaton yhteistyö varmistaa järjestelmän tehokkuuden, luotettavuuden ja käyttäjäystävällisyyden.

Elektroniikan asennusprosessi koostuu useista vaiheista, jotka varmistavat järjestelmän toimivuuden ja turvallisuuden:

- Suunnittelu
- Kaivuutyöt
- Kaapelointi ja Kotelointi
- Komponenttien Asennus
- Testaus ja Kalibrointi

Kaikkien komponenttien sijainti ja kaapelointireitit suunnitellaan huolellisesti. Tämä vaihe sisältää tarvittavien kaapeleiden ja kotelointimateriaalien valinnan. Kaivantojen tekeminen kaapelien ja putkiston asennusta varten. Kaivantojen syvyys ja leveys suunnitellaan siten, että ne eivät häiritse muita rakennuksen rakenteita.

Kaapeleiden asentaminen ja niiden suojaaminen koteloinnilla. Kaikki kaapelit vedetään suunniteltuja reittejä pitkin ja kytketään mikrokontrolleriin ja muihin komponentteihin. Anturien, venttiilien, pumppujen ja lämmönlähteen asennus paikoilleen. Jokainen komponentti kytketään tarvittaviin kaapeleihin ja virtalähteisiin. Järjestelmän toiminnan testaus ja kalibrointi, joka varmistaa, että kaikki komponentit toimivat suunnitellusti ja tiedonsiirto on luotettavaa.

Elektroniikan asennus vesijärjestelmään on kriittinen vaihe, joka vaatii tarkkaa suunnittelua ja toteutusta. Mikrokontrolleri Arduino GIGA R1, anturit, venttiilit ja kaapelointi muodostavat yhdessä järjestelmän, joka valvoo ja säätelee vesijärjestelmää reaaliaikaisesti. Kaapeloinnin ja koteloinnin huolellinen suunnittelu ja toteutus varmistavat järjestelmän luotettavuuden, tehokkuuden ja pitkäikäisyyden. Järjestelmän kaikkien komponenttien saumaton yhteistyö mahdollistaa optimaalisen lämmönsiirron ja energiatehokkuuden.

2.2.1 Mikroprosessorin asennus – PC1:n asennus

Järjestelmän datan prosessoinnista vastaa mikrokontrolleri Arduino GIGA R1, joka toimii PC1-nimellä. Tämä mikrokontrolleri on keskeinen komponentti, johon kaikki anturit ja ohjaussähköt kytketään. Arduino GIGA R1 käsittelee reaaliaikaista dataa ja tekee tarvittavat säätötoimenpiteet vesijärjestelmässä.

Mikroprosessori PC1: Mikroprosessori, jossa on näyttö, sijaitsee talon sisällä. Tämä mahdollistaa käyttäjäystävällisen käyttöliittymän ja suojatun ympäristön herkälle elektroniikalle. Mikrokontrolleri vastaa kaikkien antureiden tuottaman datan prosessoinnista. Se ohjaa vesijärjestelmän paineita pumppujen avulla ja säätelee lämpötilaa lämmönlähteen kautta.

PC1:n fyysinen asennus paikoilleen, kiinnittäen huomiota sen turvallisuuteen ja saavutettavuuteen. Sähkö- ja datayhteyksien asennus ja kytkentä. Kaapelit vedetään suunnitellusti, ja ne suojataan asianmukaisesti. Järjestelmän toiminnan testaaminen ja tarvittavien kalibrointien tekeminen. Testauksen avulla varmistetaan, että kaikki komponentit toimivat odotetusti ja että tiedonsiirto on luotettavaa.

2.2.2 Dataväylien asennus

Dataväylien asennus on keskeinen osa vesijärjestelmän infrastruktuuria, sillä ne mahdollistavat antureiden ja ohjausyksikön välisen tiedonsiirron. Järjestelmän luotettavuuden ja pitkäikäisyyden varmistamiseksi dataväylät suunnitellaan ja asennetaan huolellisesti.

Antureiden käyttämä kuparikaapelointi valitaan sen erinomaisen sähköjohtavuuden ja kestävyuden vuoksi. Kuparikaapelit kytketään suoraan mikroprosessoriin, mikä varmistaa luotettavan tiedonsiirron. Asennusprosessissa otetaan huomioon seuraavat seikat:

Kaapelointi on olennainen osa elektroniikan asennusta, sillä se yhdistää kaikki komponentit toisiinsa ja mahdollistaa tiedonsiirron ja ohjauksen. Kaikki antureiden ja venttiilien tuottama data johdetaan kuparikaapeleiden kautta mikrokontrolleriin. Kuparikaapelit valitaan niiden erinomaisen sähköjohtavuuden ja kestävyuden vuoksi.

Lämmönlähteen ja pumppujen käyttövirrat saadaan rakennuksen infrastruktuurista, mikä varmistaa niiden luotettavan ja keskeytyksettömän toiminnan. Data- ja virtaväylöjen kaapelointi koteloidaan vesijärjestelmän mukaisesti, mikä suojaa sitä ulkoisilta vaurioilta ja kosteudelta. Virta- ja dataväylät asetetaan polyvinyyliekloridi putkeen. Kotelointi myös estää sähkömagneettisten häiriöiden vaikutukset. (5.)

2.2.3 Anturien asennus

Anturit ovat keskeisiä komponentteja, jotka mahdollistavat järjestelmän reaaliaikaisen valvonnan ja säädön. Anturit sijoitetaan strategisiin paikkoihin vesijärjestelmän varrelle, ja niiden data johdetaan mikrokontrolleriin.

3 Ohjelmisto

Ohjelmisto, joka toimii PC1:llä. Tämä ohjelma on vastuussa kaikkien komponenttien toiminnasta. Se ohjaa sekä lämpölähdettä, kiertovesipumppuja KV1&KV2 sekä venttiileitä. Ohjelmiston yksi merkittävä osa on datan keruu, eli saadaan verkostosta tietoja ja dataa antureilta sekä komponenteilta.

3.1 Ohjelmiston suunnittelu

Ohjelmisto, joka kehitetään PC1:lle, on vastuussa koko paljijärjestelmän hallinnasta. Sen suunnittelussa otettiin ensimmäisenä huomioon ohjelmiston tarpeet olla täysin autonominen, tehokas ja turvallinen. Lisäksi huomioitiin putkistossa käytettävät komponentit, anturit ja venttiilit.

Ohjelmiston suunnittelussa korostettiin seuraavia keskeisiä tavoitteita:

- Autonomisuus
- Tehokkuus
- Turvallisuus

Järjestelmän tulee toimia täysin itsenäisesti ilman käyttäjän jatkuvaa valvontaa. Ohjelmiston tulee optimoida energian käyttöä ja varmistaa, että järjestelmä on lämpötehokas. Kaikkien komponenttien, kuten anturien, venttiilien ja pumppujen, tulee toimia luotettavasti ja turvallisesti.

Järjestelmän tärkeä osa on veden lämmönvaihdin, minkä vuoksi siinä on kaksi erillistä veden kiertoa. Ohjelmiston on hallittava samanaikaisesti lämmönlähdettä, venttiileitä ja pumppuja. Tämä vaatii, että algoritmit ja ohjelma toimivat jatkuvasti, eivätkä jää jumiin yhteen tehtävään. Kaikkien komponenttien on voitava toimia samanaikaisesti järjestelmän turvallisuuden ja tehokkuuden varmistamiseksi.

Ohjelman suunnittelun pohjana käytetään Liitteessä 1 esitettyä vuokaaviota, joka havainnollistaa järjestelmän tarpeelliset osat ja vaatimukset. Tämä vuokaavio auttaa hahmottamaan ohjelmiston rakenteen ja sen tärkeimmät toiminnallisuudet.

Käyttöjärjestelmänä ohjelmalle käytetään FreeRTOS, joka toimii Arduinolla. FreeRTOS tarjoaa reaaliaikaisia toimintoja, jotka ovat välttämättömiä monimutkaisessa ja samanaikaisessa ohjauksessa. Lisäksi anturien kanssa ennakkoon testatut kirjastot toimivat hyvänä lähtökohtana ohjelmiston kehitykselle, mikä nopeuttaa kehitysprosessia ja parantaa luotettavuutta.

3.1.1 Ohjelmiston Arkkitehtuuri

Ohjelmiston arkkitehtuuri perustuu modulaariseen rakenteeseen, jossa eri komponentit ja toiminnot on jaettu omiin moduuleihinsa. Tämä mahdollistaa ohjelmiston helpon ylläpidettävyyden ja laajennettavuuden. Keskeisiä moduuleita ovat:

- Lämmönhallinta
- Kiertovesipumput
- Venttiilit
- Anturidata
- Käyttöliittymä

Tämä moduuli vastaa lämmönlähteen ja lämmönvaihtimen ohjauksesta sekä lämpötilan säätelystä. Ohjaa kiertovesipumppuja (KV1 ja KV2) varmistaen tasaisen vedenkierron. Hallinnoi eri venttiileitä ja niiden avautumis- ja sulkeutumisprosesseja. Kerää ja käsittelee tietoa eri antureilta, kuten virtaus- ja lämpötilaantureilta. Tarjoaa käyttäjälle mahdollisuuden asettaa paljon lämpötila ja seurata järjestelmän tilaa.

3.1.2 Turvallisuus ja Vikasietoisuus

Ohjelmiston suunnittelussa on kiinnitetty erityistä huomiota turvallisuuteen ja vikasietoisuuteen. Järjestelmä on suunniteltu niin, että se pystyy jatkamaan toimintaansa, vaikka jokin yksittäinen komponentti vikaantuisi.

Algoritmit on suunniteltu siten, että ne eivät jää jumiin yhteen tehtävään. Tämä saavutetaan käyttämällä erilaisia funktioita, jotka varmistavat, että kaikki toiminnot suoritetaan oikea-aikaisesti.

Järjestelmä tunnistaa ja käsittelee mahdolliset vikatilanteet automaattisesti. Esimerkiksi, jos anturi ei lähetä tietoa odotetusti, järjestelmä siirtyy turvalliseen tilaan ja ilmoittaa käyttäjälle ongelmasta. Kaikkien komponenttien tila ja toiminta seurataan reaaliaikaisesti, mikä mahdollistaa nopean reagoinnin mahdollisiin ongelmiin.

3.2 Ohjelmiston toteutus

Esimerkkinä anturista ja sen toiminnasta koodina. Esimerkkikoodirivi 1 kertoo veden virtausanturin datan keruusta. Esimerkkikoodirivi 2 on vastaava osuus toisen anturin, joka on veden lämpötila-anturin osuus. Molempien koodien toteutus on omasta ohjelmastani kirjasto, jota on mahdollista käyttää.

```

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Sensor.begin(count);
}

void loop() {
  if (millis() - timebefore >= 1000)
  {
    Sensor.read();
    Serial.print("Flow rate (L/minute) : ");
    Serial.println(Sensor.getFlowRate_m());
    Serial.print("Volume (L) : ");
    Serial.println(Sensor.getVolume());
    timebefore = millis();
  }

  // Reset Volume
  if (millis() - reset >= 60000)
  {
    Sensor.resetVolume();
    reset = millis();
  }
}

```

Esimerkkikoodi 1. Veden virtausanturille rakennettu koodi, jonka tarkoitus on kerätä anturilta dataa ohjelman muisteihin.

Esimerkkikoodi 1 setup-funktio alustaa sarjaliikenteen nopeudella ja käynnistää virtausanturin käyttämällä `Sensor.begin(count)`-kutsua.

Loop-funktio toimii jatkuvana silmukkana, joka kerää anturidataa ja tulostaa sen sarjaporttiin. Joka sekunti `Sensor.read()`-kutsu lukee anturin datan, jonka jälkeen tulostetaan virtausnopeus litroina minuutissa ja kokonaisvolyymi litroina. Nämä arvot tulostetaan sarjaporttiin, mikä mahdollistaa niiden tarkastelun reaaliajassa.

Lisäksi joka minuutti anturilta kerätty volyyymi nollataan `Sensor.resetVolume()`-kutsulla. Tämä varmistaa, että tallennettu lukema tyhjenetään ja silmukka alkaa alusta keräämällä uuden lukeman.

```

void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  WaterTempReceiver::init(0, printdata); // interrupt 0 = pin D2
}

void printdata(byte &id, int &temp, byte &chan, boolean &batt, boolean
&beep)
{
  Serial.print("id = ");
  Serial.print(id);
  Serial.print(", temp = ");
  Serial.print(temp / 10.0f, 1);
  Serial.print(", chan = ");
  Serial.print(chan);
  Serial.print(", batt = ");
  Serial.print(batt ? "OK" : "LOW");
  Serial.print(", beep = ");
  Serial.println(beep ? "yes" : "no");
}

```

Esimerkkikoodi 2. Veden lämpötila-anturin esimerkki koodi, jonka tarkoitus on kerätä anturilta dataa ohjelman muisteihin. Verrattavissa Esimerkkikoodi 1, sensorien eroavaisuuksiin.

Tässä esimerkkikoodissa setup-funktio alustaa sarjaliikenteen ja määrittää keskeytyksen, joka laukaisee printdata-funktion aina, kun anturilta saadaan uusi mittaustulos. Printdata-funktio käsittelee ja tulostaa lämpötila-anturin datan sarjaporttiin reaaliajassa. Tämä mahdollistaa lämpötilan seurannan ja analysoinnin.

Ohjelmisto koostuu useista moduuleista, joista jokainen vastaa tietyistä toiminnosta. Tämä modulaarinen lähestymistapa mahdollistaa ohjelmiston helpon ylläpidettävyyden ja laajennettavuuden. Tärkeimmät ja olennaisimmat moduulit ovat:

- Anturidata
- Lämmönhallinta
- Kiertovesipumput
- Venttiilit
- Käyttöliittymä

Ohjelman perustyönä on kerätä ja käsitellä dataa eri antureilta. Esimerkkikoodit 1 ja 2 kuuluvat tähän moduuliin. Ohjata ja valvoa lämmönlähdettä ja lämmön-

vaihdinta. Tämä moduuli varmistaa, että veden lämpötila pysyy käyttäjän määrittämässä rajoissa. Kiertovesipumppujen KV1 ja KV2 toiminnan hallinnointi, mikä varmistaa tasaisen vedenkierron järjestelmässä. Ohjaa venttiilien avautumis- ja sulkeutumisprosesseja, mikä on kriittistä veden virtauksen hallinnassa. Ohjelma tarjoaa käyttöliittymän, jonka avulla käyttäjä voi asettaa paljon lämpötilan ja seurata järjestelmän tilaa.

PC1 ohjelmisto kerää dataa antureilta ja ohjaa lämpölähdettä, venttiileitä ja pumppuja reaaliajassa. Se varmistaa järjestelmän lämpötehokkuuden ja turvallisuuden. Ohjelmiston autonomisuus ja jatkuva toiminta mahdollistavat paljon optimaalisen käytön.

3.3 Ohjelman kehitys ja sen tulevaisuus

Ohjelmisto on suunniteltu erityisesti paljujärjestelmän hallintaan, mutta sen joustavuus ja skaalautuvuus mahdollistavat sen soveltamisen monenlaisiin muihinkin käyttötarkoituksiin, jopa teollisuuden vaativiin ympäristöihin kuten ydinvoimaloihin. Ohjelman kehityksessä kiinnitettiin erityistä huomiota sen modulaarisuuteen ja kykyyn integroitua erilaisiin komponentteihin, mikä tekee siitä monipuolisen ja laajennettavan järjestelmän.

Ohjelman arkkitehtuuri on suunniteltu niin, että sen eri osat ovat modulaarisia ja itsenäisiä. Tämä tarkoittaa, että järjestelmää voidaan helposti laajentaa tai muokata lisäämällä uusia moduuleja tai päivittämällä olemassa olevia ilman, että koko ohjelmistoa tarvitsee muuttaa merkittävästi. Modulaarisuuden ansiosta ohjelmistoa voidaan mukauttaa erilaisiin ympäristöihin ja vaatimuksiin.

Esimerkiksi, jos halutaan käyttää ohjelmistoa ydinvoimalassa, voidaan lisätä tai päivittää moduuleja, jotka käsittelevät erityisesti ydinvoimalan tarpeita ja turvallisuusvaatimuksia. Tämä tekee ohjelmistosta erittäin joustavan ja monipuolisen työkalun eri käyttötarkoituksiin. Tämä yhteensopivuus tekee ohjelmistosta erityisen hyödyllisen monimutkaisissa järjestelmissä, joissa tarvitaan monenlaisten laitteiden ja antureiden hallintaa ja valvontaa.

Ohjelman tulevaisuuden kehittymismahdollisuudet ovat laajat. Luetelmaan kerätynä moduuleita, joita voitaisiin kehittää järjestelmään tulevaisuudessa:

- Lisäominaisuudet ja parannukset
- Teollisuuden sovellukset
- Pilvipalvelut ja IoT-integraatio
- Turvallisuusparannukset
- Koneoppiminen ja tekoäly

Ohjelmaan voidaan lisätä uusia ominaisuuksia, kuten edistyneempiä analytiikka- ja raportointityökaluja, parempaa käyttöliittymää ja integroitua diagnostiikkaa. Ohjelmistoa voidaan mukauttaa ja optimoida teollisuuden erityistarpeisiin, kuten ydinvoimaloihin, kemianteollisuuteen tai energiantuotantoon. Ohjelmistoon voidaan lisätä tuki pilvipalveluille ja IoT-laitteille, mikä mahdollistaa reaaliaikaisen etävalvonnan ja -hallinnan.

Jatkuva kehitystyö keskittyy myös ohjelmiston turvallisuusominaisuuksien parantamiseen, erityisesti kriittisissä sovelluksissa. Ohjelmistoon voidaan integroida koneoppimisen ja tekoälyn tekniikoita, jotka parantavat järjestelmän tehokkuutta ja ennakoivat mahdollisia ongelmatilanteita.

Ohjelmiston kehityksessä keskityttiin sen monipuolisuuteen, skaalautuvuuteen ja modulaarisuuteen, mikä mahdollistaa sen käytön laajasti erilaisissa sovelluksissa. Tulevaisuudessa ohjelmistoa voidaan kehittää edelleen lisäämällä uusia ominaisuuksia, optimoimalla sen suorituskykyä ja parantamalla turvallisuutta. Tämän ansiosta ohjelmisto voi palvella monenlaisia tarpeita, aina paljujärjestelmistä teollisuuden vaativiin ympäristöihin.

4 Pohdinta

Tämän insinööriyön tavoitteena oli suunnitella ja asentaa paljujärjestelmä, joka on täysin automaattinen ja älykäs. Projekti sisälsi valmiiden paljon ja lämmönlähteen integroinnin, jotka oli hankittu Duunihemmot Oy:ltä. Ohjelmisto kehitettiin Arduinon mikro-ohjainpiirille, ja PC1-mikrokontrolleri vastasi datan keräämisestä ja ohjelmiston ajamisesta sen perusteella.

Projektin edetessä automaattisen paljon lämmitysjärjestelmän tarpeet ja vaatimukset tulivat yhä selvemmin esille. Erityisesti järjestelmän laajuus ja monimutkaisuus kasvoivat, kun lämmönlähteen ja paljon välinen etäisyys asetti haasteita putkiston suunnittelulle ja asennukselle. Tämän seurauksena putkiston tarkkailu ja kerätyn datan analysointi korostuivat entisestään, jotta voitiin varmistaa järjestelmän tehokas ja turvallinen toiminta.

Asennusvaiheessa olen saanut käytännön kokemusta ja syvällistä tietotaitoa aiheesta. Putkiston luominen, asentaminen ja lämpöeristys ovat opettaneet tärkeitä yksityiskohtia, jotka ovat parantaneet järjestelmän energiatehokkuutta ja optimoineet PC1-ohjelmiston toimintaa. Esimerkiksi oikeaoppinen putkiston lämpöeristys vähentää lämpöhäviöitä ja parantaa kokonaisjärjestelmän suorituskykyä.

Erityisesti projekti on osoittanut, kuinka tärkeää on suunnitella ja toteuttaa älykäs ratkaisuja, jotka pystyvät itsenäisesti hallitsemaan monimutkaisia järjestelmiä. Tekoälyn ja automaation hyödyntäminen on ollut avainasemassa projektin onnistumisessa. PC1-mikrokontrollerin ja sen ohjaaman ohjelmiston ansiosta järjestelmä pystyy itsenäisesti säätämään lämmönlähdettä, pumppuja ja suntti-venttiiliä käyttäjän määrittelemien asetusten mukaisesti.

Projektin suurimpia oppimiskokemuksia ovat olleet:

- Putkiston suunnittelu ja asennus
- Datan kerääminen ja analysointi
- Lämpöeristys
- Ohjelmistokehitys

Eri materiaalien ja asennustekniikoiden valinta sekä käyttö, jotta varmistetaan putkiston kestävyys ja tehokkuus. Oikeiden eristysratkaisujen valinta ja toteutus, jotta minimoidaan lämpöhäviöt ja parannetaan energiatehokkuutta. Antureiden sijoittelu ja kalibrointi, jotta saadaan tarkkaa ja luotettavaa dataa järjestelmän toiminnan ohjaamiseen. Tekoälyn ja automaation integrointi mikro-ohjainpiiriin, mikä mahdollistaa järjestelmän itsenäisen toiminnan ja optimoinnin.

Projektin toteutuksen myötä olen myös saanut arvokasta kokemusta järjestelmien suunnittelusta ja toteutuksesta, mikä on laajentanut teknistä osaamistani ja ymmärrystäni älykkäiden järjestelmien toiminnasta. Tämä työ toimii erinomaisena pohjana tuleville projekteille, joissa hyödynnetään vastaavia teknologioita ja suunnitteluratkaisuja.

Projekti voitaisiin toteuttaa samoilla komponenteilla ja ohjelmalla uudestaan, mikä osoittaa suunnittelun ja toteutuksen laadun. Järjestelmän skaalautuvuus ja modulaarisuus mahdollistavat sen soveltamisen myös muihin vastaaviin sovelluksiin, missä tarvitaan älykästä ja energiatehokasta lämmitysjärjestelmää.

Lähteet

1. LT-Tuote. Speck Pro 5. Verkkoaineisto. <https://www.lt-tuote.fi/storage/product_files/5/Speck-Pro-5-Speck-pro-pumppu-esite_4d5993d8fb45b22060fd89a09a1430.pdf>. Luettu 20.5.2024
2. Arduino. Arduino GIGA R1. Verkkoaineisto. <<https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/ABX00063-datasheet.pdf>>. Luettu 20.5.2024
3. Arduino. Arduino Giga Display Shield. Verkkoaineisto. <<https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/ASX00039-datasheet.pdf>>. Luettu 20.5.2024
4. Uponor. Uponor Combi Pipe. Verkkoaineisto. <<https://www.uponor.com/fi-fi/tuoteluettelo-talotekniikka/pex-putkijarjestelma/pex-putket/combi-pipe/uponor-combi-pipe-suojaputkessa-erist-iso-white-grey>>. Luettu 20.5.2024
5. Meltex. Meltex Taipuisa TEL-putki. Verkkoaineisto. <<https://www.meltex.fi/fi/lataa/21739>>. Luettu 2024.5.20
6. DFRobot. DS18B20 Digital Temperature Sensor. Verkkoaineisto. <<https://github.com/May-DFRobot/DFRobot/raw/master/DS18B20.pdf>>. Luettu 20.5.2024
7. DFRobot. Water flow sensor (1/2"). Verkkoaineisto. <<https://www.dfrobot.com/product-1517.html>>. Luettu 20.5.2024
8. NetRauta. Oilon Junior Pro-poltin. Verkkoaineisto. <<https://www.netrauta.fi/attachments/products/oilon/LVI-5121065/Asennusohje.pdf>>. Luettu 24.5.2024

Liitteet

Vuokaavio ohjelman perustoiminnasta.

