



Tehtaan sähköuunien käytön optimointi

Otto Sammalisto

OPINNÄYTETYÖ
Marraskuu 2022

Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Tuotekehitys ja koneautomaatio

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Tuotekehitys ja koneautomaatio

SAMMALISTO, OTTO:
Tehtaan sähköuunien käytön optimointi

Opinnäytetyö 37 sivua, joista liitteitä 3 sivua
Marraskuu 2022

Opinnäytetyössä selvitettiin tehtaan sähköuuneille mittausdataan perustuvat mahdollisimman energiatehokkaat aikataulut. Uunien ominaisuuksia mitattiin lämpötila-anturilla sekä teho- ja energiatallentimella. Kolmen uunin otannan mittausdatasta määriteltiin aikataulut kaikille osaston uuneille tehtaalla.

Työn tuloksena on valmis ratkaisu Teknikumin Kiikan tehtaan polyuretaaniosaston sähköuunien toiminnan automatisointiin, mikä toteutetaan ajastettavilla ja etäohjattavilla kytkimillä. Ajastettavat kytkimet pienentävät tehtaan energiankulutusta mahdollistamalla uunien kytkemisen päälle yöaikaan niin, että uunit ovat juuri ehtineet lämpenemään työvuoron alkamiseen mennessä.

Lean-ajattelutavan mukainen tuottamattoman työn poisto prosessista on kestävä kehityksen mukaista ja sen hyödyt ovat laajat. Energian käytön laskemisen hyötyihin lukeutuvat taloudellisten menojen sekä ympäristön kuorman pienenevät.

Asiasanat: sähköuuni, optimointi, energiatehokkuus, lean

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Product Development and Machine Automation

SAMMALISTO, OTTO:
Optimization of Electric Ovens in a Factory

Bachelor's thesis 37 pages, appendices 3 pages
November 2022

In this thesis thermal and energy characteristics of electric ovens were inspected in a factory environment. The data was collected with a temperature logger and a power energy logger and then analyzed mostly with Microsoft Excel. The most efficient automatic schedule was created to be controlled by automatic switches. The results were calculated to all of the ovens according to limited measurement data. The outcome of this thesis is the instructions to implement the resulted schedules of the ovens and the automation leading to a significant decrease in energy consumption in Kiikka factory of Teknikum.

The unprofitable use of energy is considered waste in Lean thinking and reducing it will have a great impact on both financial and environmental sectors. Sustainable development ultimately benefits everyone.

Key words: electric oven, optimization, efficiency, lean

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	LEAN-AJATTELU	6
3	TYÖN TARKOITUS	8
4	MITTAUKSET	10
4.1	Mittalaitteet.....	10
4.2	Mittausten tavoitteet	11
4.3	Mittausten kulku	12
4.4	Tulokset	14
5	TULOSTEN KÄSITTELY	18
5.1	Tulosten analyysi	18
5.1.1	Kuvaajien tulkinta	18
5.1.2	Uunien lämmitysvastusten tehot.....	20
5.1.3	Aikataulut mittauksista.....	21
5.2	Käytännön toteutus ja uunien aikataulut	25
5.3	Energian säästö	27
5.4	Luotettavuusarvio.....	28
6	AUTOMAATORATKAISU	30
6.1	Vertailu.....	30
6.2	Valinta.....	31
7	POHDINTA	33
	LÄHTEET.....	34
	LIITTEET	35
	Liite 1. Teho- ja energiatallentimen mittaustulos	35
	Liite 2. Lämpötilatallentimen mittaustulos	36
	Liite 3. Uunien lämpenemisajat.....	37

1 JOHDANTO

Prosessin tarkastelu ja kehittäminen on tärkeä osa kannattavuuden ylläpitoa. Olosuhteiden muuttuessa vanha hyvä tapa ei välttämättä olekaan enää paras mahdollinen eikä välttämättä enää edes kestävällä pohjalla. Tehokas prosessi ei sisällä ylimääräisiä kuluja eikä kuluta tarpeettoman suurta määrää resursseja. Prosessin kehittäminen tehokkaammaksi voi pienentää merkittävästi siitä syntyviä päästöjä ja lisäksi tuoda taloudellisia säästöjä kulujen pienentyessä.

Teknikum on suomalainen polymeerialan teollisuuskonserni, jonka tuotevalikoimaan kuuluvat muun muassa polyuretaanipäällystykset ja -valut. Polyuretaanituotteet valetaan Kiikan tehtaalla Sastamalassa, ja valmistuksessa on käytössä 19 sähköuunia. Uunit ovat vanhoja, ja ne kytketään päälle ja pois fyysisesti paikan päällä. Ne ovat usein arkisin päällä yötä päivää, koska aamuvuoron alkaessa on uunin oltava valmiiksi lämmin. Viikonlopuiksi uunit sammutetaan, ja ne on sunnuntai-iltaisin käytävä kytkemässä päälle.

Opinnäytetyön tavoitteena on minimoida uunien tuottamaton päälläoloaika. Tarkoituksena on kustannusten pienentämisen lisäksi myös luonnonvarojen säästäminen. Työssä selvitetään mittauksen ja laskelmien avulla yksilöllisille uuneille aikataulut, joiden mukaan uunit voivat olla poissa päältä, ja automaattioratkaisu niiden noudattamiseksi.

Tehtaan uunien automatisoinnin toteutus on rajattu opinnäytetyön ulkopuolelle aikataulusyistä. Opinnäytetyön hyödyt ovat selkeät ilman toteutuksen jälkeistä analyysiäkin.

2 LEAN-AJATTELU

Lean voi tarkoittaa mm. johtamisjärjestelmää, filosofiaa, ongelman tarkastelua käytännössä tai työn vakioimista. Lean-filosofiaan kuuluu ongelmanratkaisutaitojen järjestelmällinen kehittäminen ja kaupunkilaisjärjen, eli kehittyneemmän maalaisjärjen käyttö. Lean perustuu virheiden etsimiseen ja toiminnan jatkuvaan parantamiseen. (Mäenpää 2019.) Lean on laaja käsite, jota voi käyttää ajattelutapana tai ohjenuorana lukemattomissa yhteyksissä. Mäenpään (2019) mukaan leanin tuomat parannukset eivät lisää vauhtia vaan lyhentävät matkaa. Hyvin laaja lean-filosofia soveltuu ohjeeksi lähes mihin vain kehitystyöhön, sillä se rohkaisee prosessin yksinkertaistamisen ohella jatkuvaan kriittisyyteen tyytyväisyyden sijaan. Lean-ajattelun avulla on mahdollista saavuttaa taloudellista hyötyä parantamalla työn tai prosessin tuottavuutta.

Lean-valmistuksen ytimessä on poistaa valmistusprosessista kaikki kustannuksia lisäävät, mutta tuottamattomat vaiheet (Elbert 2013, 5). Tämänlaista tuottamatonta vaihetta kuvaa erinomaisesti päällä oleva sähköuuni, jonka ei välttämättä tarvitse olla päällä. Koko yön päällä ollut uuni on ollut osan ajasta päällä turhaan, jos uunin lämpötila on aamulla töiden alkaessa tarpeeksi korkea, vaikka se olisi ollut osan yöstä pois päältä.

Seitsemän alkuperäistä Lean-ajattelun mukaista turhaa vaihetta, jotka aiheuttavat kustannuksia kasvattamatta tuottoa ovat

1. ylituotanto
2. varastointi
3. odotusaika
4. turha materiaalin kuljetus
5. yliprosessointi
6. liikkuminen
7. valmistusvirheet (Elbert 2013, 9).

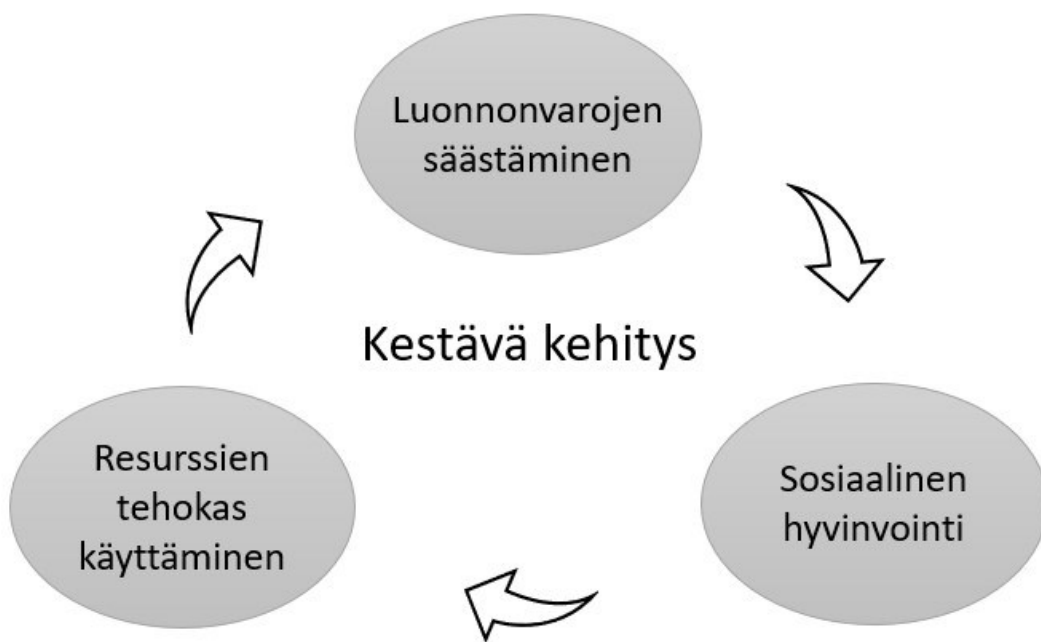
Uunin täysin ylimääräistä sähkön kulutusta on hankalaa sovittaa listaan. Sähkölaitteen pitäminen päällä ilman tuottavaa työtä on liian ilmeinen syy kulujen kasvamiseen. Uunin ylimääräisen käytön voi ajatella olevan yliprosessointia. On kuitenkin muistettava, että uuneja pidetään öisin kuumina työajan tehokkuuden kasvattamiseksi eikä täysin syyttä. Ilta- ja aamuvuorojen välissä olevat kahdeksan tuntia vaikuttaa kuitenkin olevan suuri ylimitoitus, joka on seurausta uunien kytkimien ajastimien puutteesta.

Joka tapauksessa prosessin kehittäminen on selvästi lean-henkistä, ja tavoitteena on karsia turhia kuluja. Uunien ajastaminen ja automaattinen toiminta vähentää turhaa työtä ja energiankulutusta. Uunien sammuttaminen yöksi on järkevää, jos siihen on tarjolla sopiva automaattioratkaisu.

3 TYÖN TARKOITUS

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tarjota ratkaisu vähentämään tehtaan sähköuunien tuottamatonta, mutta kuluja aiheuttavaa aikaa. Tämä toteutetaan laatimalla uuneille mittauksiin perustuva aikataulu, josta selviävät aikavälit, joina uunien päällä oleminen on täysin hyödytöntä. Uunien toimintaan esitellään myös automaattioratkaisu, jonka tehtävänä on ohjata uunien kytkimiä aikataulun mukaan. Itse uunien automatisoinnin toteutus on aikataulusyistä rajattu työn ulkopuolelle.

Missä tahansa kestävästä kehityksestä on otettava huomioon taloudelliset, sosiaaliset ja ekologiset vaikutukset (Mulder 2017, 172). Uunien toiminnan kehittämishankkeella on vaikutus näistä jokaiseen (kuvio 1).



KUVIO 1. Kestävän kehityksen alueet.

Automaattisen ja optimoidun uunien toiminnan hyötyihin kuuluu menojen pieneminen. Sähkölaskuista saadaan säästöjä, kun uunit kuluttavat vähemmän sähköä ollessaan pienemmän osan ajasta päällä. Myös henkilöstökuluja karsitaan, kun kenenkään ei tarvitse sunnuntaisin käydä kytkemässä uuneja päälle. Resursseja käytetään tehokkaasti eikä energiaa tuhleta tarpeettomasti.

Sähkönkulutuksen pienenemisellä on taloudellisten hyötyjen ohella myös ympäristöystävällinen vaikutus. Ympäristön kuormaan voi vaikuttaa sähkösopimuksen energiantuotantotavan valinnalla, mutta mikään energiantuotanto ei ole täysin haitatonta, joten energian säästäminen on tärkein ympäristöteko (Ekosähkö nd).

Sosiaalista hyvinvointia edistävä vaikutus uunien toiminnan automatisoinnista näkyy lyhyiden sunnuntaivuorojen poistumisena. Tehtaalla voidaan luopua sunnuntaivuorolistasta, jonka mukaisesti työntekijät vuorollaan ovat vastuussa uunien päälle laittamisesta sunnuntai-iltana. Automaattisesti käynnistyvien uunien ansiosta työntekijät saavat useammin kokonaan töistä vapaan viikonlopun.

4 MITTAUKSET

4.1 Mittalaitteet

Uunien mitattavia suureita olivat lämpötila T , energian kulutus Q sekä niiden dimensiot x . Teho- ja energiamittauksista sekä sähkövirran mittauksista vastasi kunnossapidon edustaja, joka kytki mittarin uunien sähkökaappeihin. Muut mittaukset suoritettiin itse. Uunien dimensiot mitattiin rullamitalla.

Uunien käyttämää energiaa mitattiin **PEL103 teho- ja energiatallentimella** (kuva 1). Laitteen tallentamat suureet ovat mm. jännitteen ja sähkövirran suuruus sekä pätötehon aiheuttama energian kulutus (liite 1). Mitatun energiankulutuksen tarkkuus on $\pm 0,7 \%$ (Chauvin Arnoux 2021, 56).



KUVA 1. PEL103 teho- ja energiatallennin (Chauvin Arnoux 2021, 1).

Uunien lämpötilaa mitattiin **MadgeTech Temp1000P** lämpötilatallentimella (kuva 2). Mittalaitteen tarkkuus on kalibrointitodistuksen mukaan $\pm 0,2$ °C. Laite tallentaa ympäröivän lämpötilan ennalta valituin aikavälein (liite 2).



KUVA 2. MadgeTech Temp1000P lämpötilatallennin.

4.2 Mittausten tavoitteet

Hypoteesina oli, että tallennetusta datasta selviää uunien hyödytön energian käyttö, joka voidaan eliminoida. Mittausten tuloksista voitaisiin lisäksi määritellä saavutettu taloudellinen ja ekologinen hyöty. Mittalaitteilla kerätystä datasta selvitettävät uunien ominaisuudet olivat

1. Uunin lämmittämiseen tarvittava aika
2. Uunin lämmittämiseen tarvittava energia
3. Uunin lämpimänä pitämiseen tarvittava energia
4. Uunin lämpötilan laskemisen nopeus virran katkaisemisen jälkeen.

4.3 Mittausten kulku

Mittaukset tehtiin tehtaan tuotannon ohessa ja pääasiassa viikonloppuisin tehtaan ollessa tyhjillään. Erilaisten uunien suuren määrän vuoksi mittaukset rajattiin kolmeen uuniin, joiden datan avulla voitiin laskea tulokset kaikille uuneille. Tehtaan sähköuuni numero 6 on esitelty kuvassa 3.



KUVA 3. Uuni numero 6.

Lämpötilatallennin sijoitettiin uunin keskivaiheille mittausten ajaksi (kuva 4). Uunien ovet ovat suljettuina öisin ja viikonloppuisin, joten ovet pidettiin kiinni myös mittausten ajan. Mittalaite laitettiin kuumaan uuniin, joka kytkettiin pois päältä. Uunin jäähtyttyä se lämmitettiin taas kuumaksi, minkä jälkeen mittausdata otettiin talteen.



KUVA 4. Uunin numero 1 lämpötilamittaus.

Teho- ja energiatallennin kytkettiin uunin sähkökaappiin (kuva 5). Jäähtyneen uunin virrat kytkettiin päälle, ja uunin kokonaisenergiankulutuksen mittausta jatkettiin vielä tavoitelämpötilan saavuttamisen jälkeen. Uunin ovet pidettiin suljettuina koko mittauksen ajan.



KUVA 5. Teho- ja energiatallennin kytkettynä uunin 14a sähkökaappiin.

4.4 Tulokset

Mittalaitteilla saadut tulokset tallennettiin Excel-taulukoihin, missä niitä analysoitiin ja niistä voitiin piirtää kuvaajia. Uunien mitatut dimensiot ja lasketut tilavuudet on esitetty taulukossa 1. Esimerkiksi uunin 2 tilavuus V on

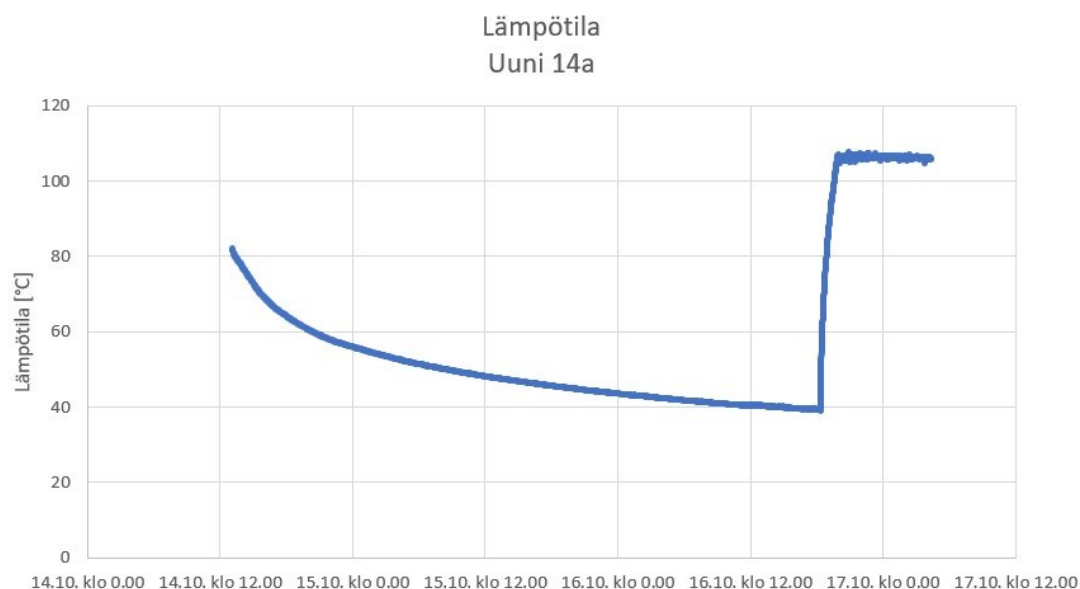
$$V = x_1 x_2 x_3 = 1,1 \text{ m} \cdot 1,3 \text{ m} \cdot 1,5 \text{ m} = 2,145 \text{ m}^3 \approx 2,1 \text{ m}^3, \quad (1)$$

jossa x_1 on uunin syvyys, x_2 leveys ja x_3 korkeus.

TAULUKKO 1. Uunien dimensiot.

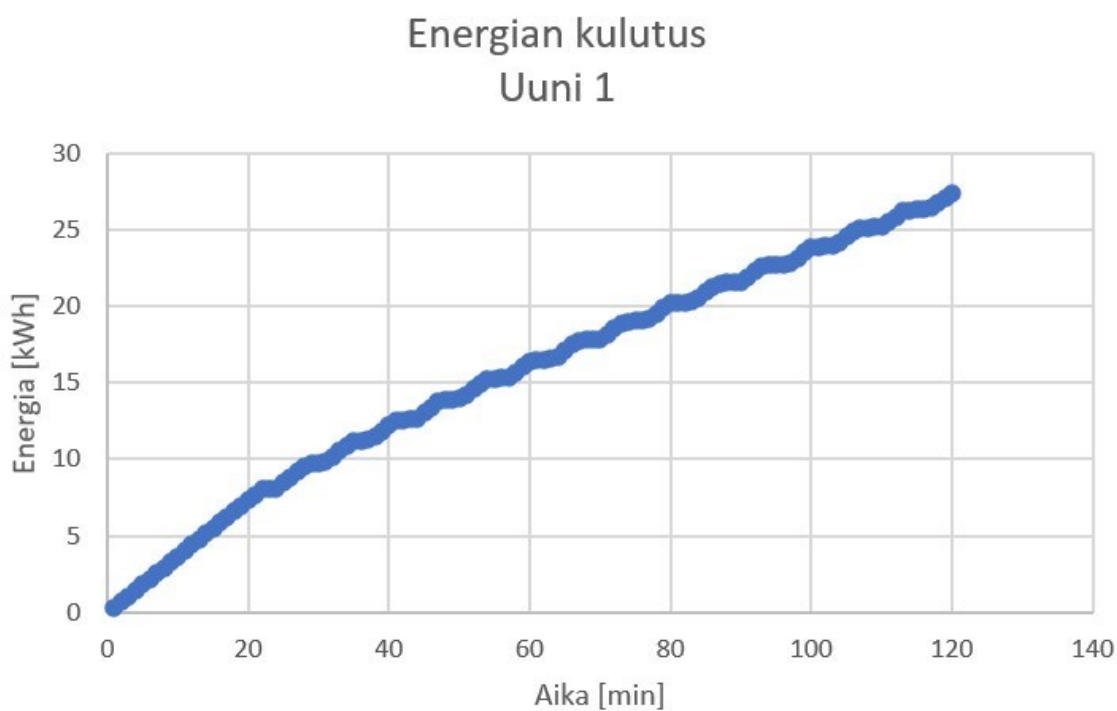
Uuni	Syvyys x_1[m]	Leveys x_2[m]	Korkeus x_3[m]	Tilavuus V[m³]
1	1,6	2,5	2,2	8,8
2	1,1	1,3	1,5	2,1
3	1,1	1,5	1,6	2,6
4a	2,7	7,5	2,5	50,6
4b	2,7	7,5	2,5	50,6
5	0,9	1,4	1,5	1,9
6	1,5	2,4	2,0	7,2
7	1,3	1,5	2,0	3,9
8	1,6	2,2	1,4	4,9
9	1,3	1,7	1,5	3,3
10	1,4	2,3	2,0	6,4
11	1,5	3,2	2,1	10,1
12	1,3	1,4	1,4	2,5
13a	2,5	5,0	2,5	31,3
13b	2,9	5,0	2,5	36,3
14a	4,0	4,5	2,3	41,4
14b	4,0	4,5	2,3	41,4
15a	8,0	4,7	2,3	86,5
15b	1,7	2,5	2,3	9,8

Lämpötilatallennin tallensi uunin lämpötilan yhden minuutin välein. Kuviossa 2 on esitetty mittausdata uunin 14a lämpötilan muutoksesta, kun uuni sammutetaan ja jäähtyy taas lämmitetään.



KUVIO 2. Uunin numero 14a lämpötila viikonlopun yli.

Teho- ja energiatallennin tallensi uunin käyttämän sähköenergian yhden minuutin välein. Energiaa mittauksessa kulutti uunin lämpövastukset ja puhallin. Kuviossa 3 on esitetty uunin numero 1 energiankulutus ajan funktiona. Jäähdytynyt uuni lämmitettiin mittauksessa kuumaksi.



KUVIO 3. Uunin numero 1 energiankulutus ajan funktiona.

Kolmivaihevirran jokaisen vaiheen virran suuruus mitattiin uunien sähkövastusten tehojen laskemiseksi (taulukko 2). Taulukon nollan ampeerin arvot kertovat viallisista vastuksista.

TAULUKKO 2. Uunien vaihevirrat.

	Vastus 1			Vastus 2		
Uuni	L1 [A]	L2 [A]	L3 [A]	L1 [A]	L2 [A]	L3 [A]
1	29	28	29			
2	15	15	15			
3	16	16	16			
4a	9	17	17	33	33	33
4b	35	20	20			
5	16	16	16			
6	33	33	33			
7	29	29	29			
8	24	24	24			
9	37	37	37			
10	17	17	17			
11	34	34	34			
12	6	7	6			
13a	0	28	28			
13b	25	25	25			
14a	24	24	25	24	24	24
14b	25	24	24	25	25	24
15a	0	29	29	33	33	33
15b	14	14	0			

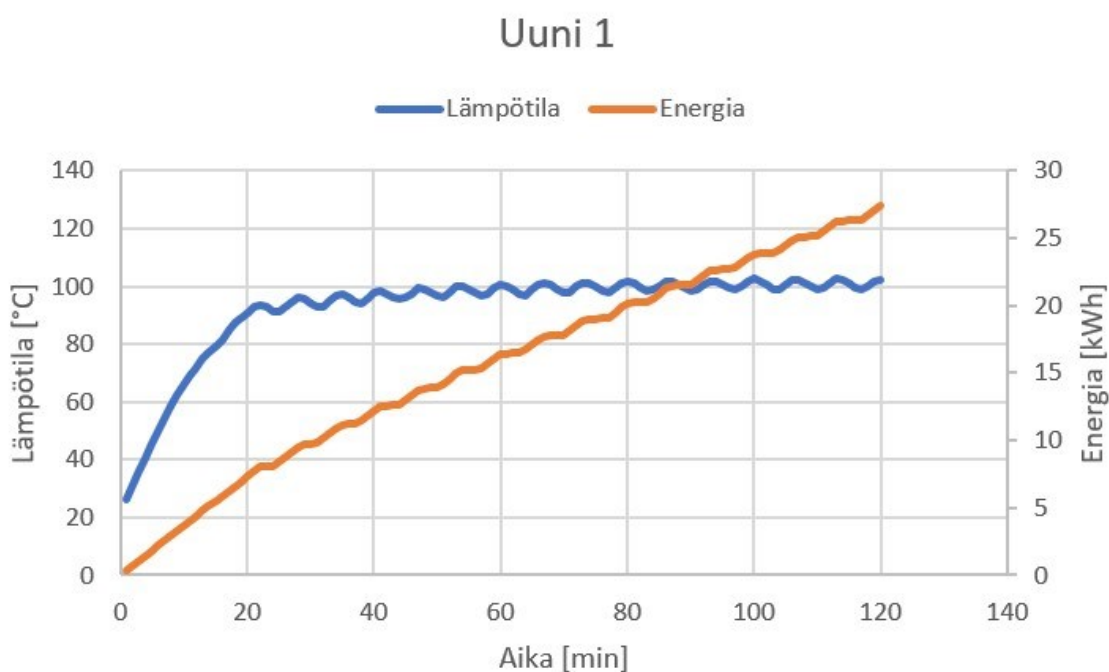
5 TULOSTEN KÄSITTELY

5.1 Tulosten analyysi

Mittaustulokset tallennettiin Excel-taulukoihin, joissa voitiin piirtää datasta kuvaajia ja suorittaa laskentaa.

5.1.1 Kuvaajien tulkinta

Uunien käyttäytymistä voidaan havainnollistaa kuvaajalla, jossa on sekä lämpötila- että energiankulutusdata. Kuviossa 4 on molemmat mittausdatat samanaikaisesti mitattuina, kun viileä uuni lämmitettiin.

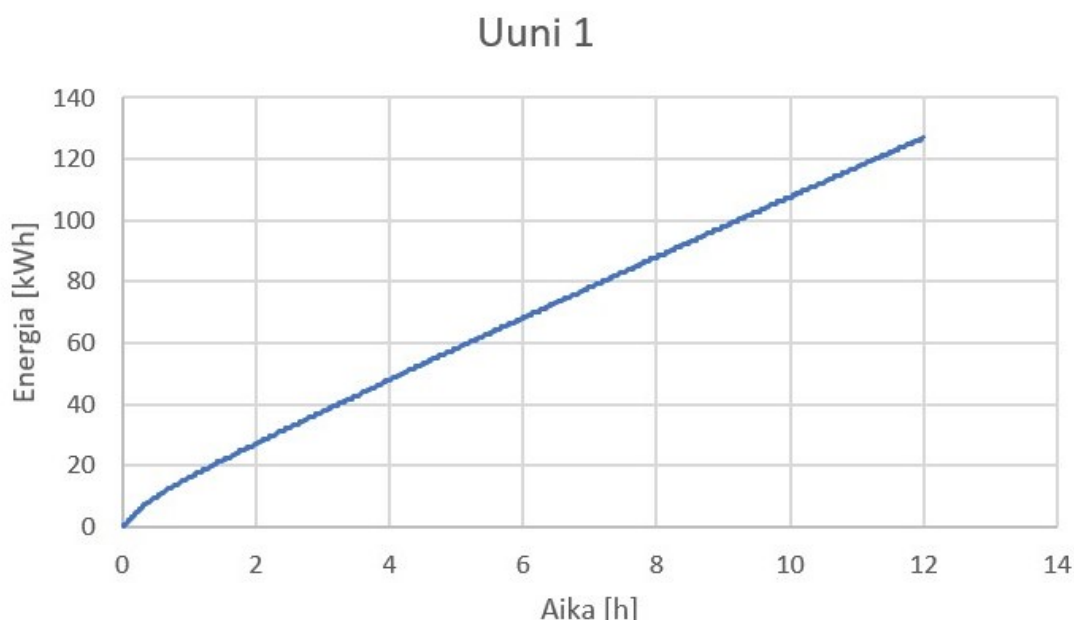


KUVIO 4. Uunin 1 lämpötila ja energiankulutus lämmityksessä ja sen jälkeen.

Kuvaajasta nähdään, että ennen tavoitelämpötilan saavuttamista uunin energiankulutus on lineaarista, eli uunin teho on vakio. Tavoitelämpötilan saavuttamisen jälkeen uunin termostaatti pitää lämpötilan lähellä tavoitetta sammuttamalla lämmitysvastukset tavoitteen ylittyessä hieman ja sytyttämällä ne sen alitessa

hieman. Uuni pääsi lähelle tavoitelämpötilaa ja vastukset sammutettiin 21 minuuttin kuluttua käynnistyksestä lähtölämpötilan ollessa $26,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Uunia ohjaavan termostaatin lämpöanturi sijaitsee lähempänä uunin lämmitysvastuksia, joten uunin keskivaiheilta mitattava lämpötila nousee vielä hieman uunin seinämien ja muiden rakenteiden lämmitessä kohti tavoitelämpötilaa. Mittalaitteen tallentamien tehoarvojen keskiarvosta saadaan uunin 1 tehoksi $22,2\text{ kW}$.

Uunin saavutettua tavoitelämpötilansa energiankulutus pienenee, koska vastukset eivät ole jatkuvasti päällä. Kuviossa 5 on kuvaaja uunin 1 energiankulutuksen jatkumisesta 12 tuntiin asti.



KUVIO 5. Uunin 1 energiankulutus ensimmäisten 12 tunnin aikana.

Tavoitelämpötilan saavuttamisen jälkeen uunin energiankulutus on katkonaista, mutta suhteessa kuluneeseen aikaan se pysyy tasaisena. Excel-sovelluksella tehdyn lineaariregression mukaan kuvaajan kulmakerroin eli uunin keskimääräinen teho on $10,0\text{ kW}$ mittauksen aikavälillä 1–12 h. Uunin rakenteiden ja ympäristön lämpötilan tasaantuessa energiankulutus laskee vielä hieman. Käytetään lämpimän uunin energiankulutuksen kuvaamiseen keskiarvoa viiden tunnin otannasta alkaen siitä, kun uuni on ollut päällä kuusi tuntia. Uunille 1 tätä energiankulutusta vastaava teho on $9,9\text{ kW}$.

5.1.2 Uunien lämmitysvastusten tehot

Taulukossa 3 on esitetty uunien lämmitysvastusten laskennalliset tehot. Esimerkiksi uunin 2 vastusten teho P on

$$P = \sqrt{3}UI = \sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 15 \text{ A} = 10\,392,3 \dots \text{ W} \approx 10,4 \text{ kW}, \quad (2)$$

jossa U on jännite ja I vaihevirta (Mäkelä, Soininen, Tuomola & Öistämö 2008, 128).

TAULUKKO 3. Uunien lämmitysvastusten laskennalliset tehot.

Uuni	P [kW]
1	19,9
2	10,4
3	11,1
4a	32,8
4b	17,3
5	11,1
6	22,9
7	20,1
8	16,6
9	25,6
10	11,8
11	23,4
12	4,4
13a	12,9
13b	17,3
14a	33,5
14b	33,9
15a	36,3
15b	6,5

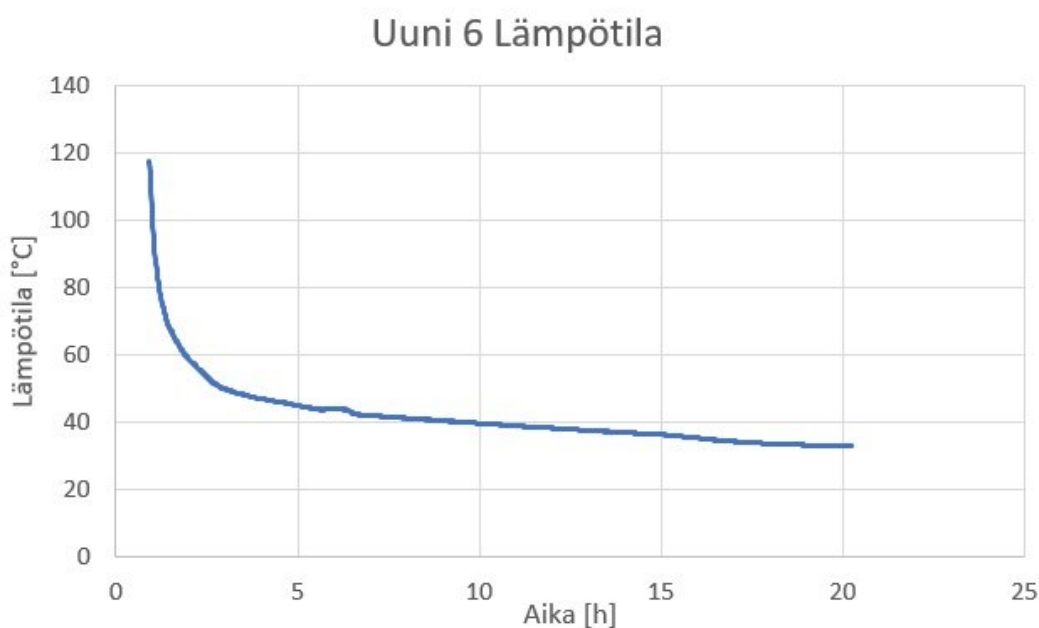
5.1.3 Aikataulut mittauksista

Mittauksista saatiin selville teho-ominaisuudet uuneille 1 ja 14a (taulukko 4). Huomionarvoista on, että uunien lämpimänä pitämiseen tarvittavat tehot ovat lähes puolet uunien kokonaistehoista.

TAULUKKO 4.

Ominaisuus	Uuni 1	Uuni 14a
Lämmitykseen tarvittava teho (kokonaisteho)	22,2 kW	35,8 kW
Lämpimänä pitämiseen tarvittava teho	9,9 kW	17,4 kW
Lämmitysvastusten teho	19,9 kW	33,5 kW
Puhaltimen teho	2,3 kW	2,3 kW

Uuni 1 tarvitsi lämpenemiseen 21 minuuttia, kun uunin lämpötila oli 26,4 °C ja tavoitteena oli 93,7 °C. Lämpötilan nousu on niin nopeaa, että aloituslämpötilan suuruus on lähes merkityksetön kokonaisuuden kannalta. Kuviossa 6 on esitetty uunin 1 kanssa saman kokoluokan uunin lämpötilan lasku sammuttamisen jälkeen.



KUVIO 6. Uunin 6 lämpötilan laskeminen sammuttamisen jälkeen.

Iltaavuoron jälkeen sammutetun uunin lämpötila on aamulla kello kuuden aikaan kahdeksan tunnin jälkeen n. 41 °C. Aamuvuoron jälkeen sammutetun uunin lämpötila on 16 tunnin jäähtymisen jälkeen n. 34 °C. Viikonlopun yli jäähtyneen uunin lämpötila on laskenut lähelle 25 astetta. Lämpötilan nousu 25 asteesta 41 asteeseen kestää uunin lämmitessä noin kolme minuuttia, ja lisäksi jäähtyneen uunin lämpötilaan vaikuttavat muutkin tekijät, kuten ulkoilman lämpötilalle altis tehtaan sisäilman lämpötila. Uunin lämpenemiseen varattavaan aikaan on varattava hie-
man ylimääräistä aikaa muuttuvien olosuhteiden varalle.

Mittausten mukaan uunin 1 vastukset tuottivat uunin lämmityksen aikana lämpö-
energiaa 7,0 kWh. Uunin tilavuuden suuruisen ilmamäärän tarvitsema lämpö-
energia Q_1 tarvittavaan 67,3 asteen lämpötilan nousuun on vakiopaineessa

$$Q_1 = cm\Delta T = cV\rho\Delta T = 1,001 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot^\circ\text{C}} \cdot 8,8 \text{ m}^3 \cdot 1,293 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 67,3 \text{ }^\circ\text{C} = 786,0 \dots \text{kJ} \approx 0,2 \text{ kWh}, (4)$$

kun c on ilman ominaislämpökapasiteetti, V on ilman tilavuus, ρ on ilman tiheys, ΔT on lämpötilan muutos ja 1 kWh on 3,6 MJ (Mäkelä ym. 2008, 107, 179). Ilman tiheys pienenee sen lämmitessä, mutta se oletetaan tuloksen pienen merkityk-
sen vuoksi samaksi kuin arvo lämpötilassa 0 °C.

Ilman lämmittämisen lisäksi uunin lämpeneminen vaatii uunin seinien ja lattian
lämmittämisen riittävän lämpimiksi. Tehtaan uunit voidaan jakaa kahteen ryh-
mään, joista toisilla on ohuemmat ja vähemmän eristävät seinät, ja toisilla pak-
summat ja paremmin eristävät. Uuni 1 edustaa ohuempien seinien uuneja, ja uuni
14a paksumpien seinien uuneja. Uunit numero 1-12 ovat ohutseinäisiä ja lo-
puissa on paksummat seinät.

Uunin 1 jäljelle jäänyt 6,8 kWh energiankulutus voidaan jakaa uunin seinä-, katto-
ja lattiapinta-alan lämmittämiseen. Uunilla 1 on lämmitettävää pinta-alaa A

$$A = 2x_1x_2 + 2x_1x_3 + 2x_2x_3 = 2 \cdot 1,6 \text{ m} \cdot 2,5 \text{ m} + 2 \cdot 1,6 \text{ m} \cdot 2,2 \text{ m} + 2 \cdot 2,5 \text{ m} \cdot 2,2 \text{ m} = 26,04 \text{ m}^2. \quad (5)$$

On otettava huomioon myös uunin seinistä ja lattiasta lämmityksen aikana uunin ympäristöön siirtyvä lämpö. Seinämän läpi karkaavan lämpöenergian määrä voidaan laskea U -arvon avulla (Cuce 2018, 101). Ohuempiseinäisten uunien lämmönläpäisykerroin U on mittausdatan mukaan

$$U = \frac{P}{\Delta T A} = \frac{9,9 \text{ kW}}{67^\circ\text{C} \cdot 26,04 \text{ m}^2} = 0,00567 \dots \frac{\text{kW}}{^\circ\text{C} \cdot \text{m}^2}, \quad (6)$$

jossa P on uunin 1 lämpimänä pitämiseen vaadittava teho, ΔT on lämpötilaero uunin ja ympäristön välillä ja A on uunin seinien, lattian ja katon pinta-ala (Cuce 2018, 103). Mittausdatasta laskettiin jokaisen lämmitysminuutin lämpötilaerolle arvo, kuinka paljon lämpöä ympäristöön siirtyy uunin lämmittämisen aikana, ja uunille 1 saatiin summaksi 2,0 kWh. Tästä saadaan ohjearvoksi ohutseinäisille uuneille lämmityksen aikaiseksi hukkalämmön intensiteetti I_1

$$I_1 = \frac{Q_h}{\Delta t \cdot A} = \frac{2,0 \text{ kWh}}{\left(\frac{21}{60}\right) \text{ h} \cdot 26,04 \text{ m}^2} = 0,219 \dots \frac{\text{kW}}{\text{m}^2} \approx 0,22 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2}, \quad (7)$$

kun Q_h on uunin 1 lämmityksen yhteydessä systeemistä poistuva lämpö, Δt on lämmitykseen kulunut aika, ja A on uunin seinämien pinta-ala (Mäkelä ym. 2008, 111). Uunin 1 ohuiden seinämien lämmittämiseen tarvittava intensiteetti I_2 on

$$I_2 = \frac{Q_2}{A} = \frac{4,8 \text{ kWh}}{26,04 \text{ m}^2} = 0,1843 \dots \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \approx 0,18 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}, \quad (8)$$

kun Q_2 on seinän lämmittämiseen tarvittava lämpöenergia. Ohutseinäisen uunin 2 lämmitysaika t on

$$\begin{aligned} t &= \frac{Q_1 + Q_2}{P - I_1 A} = \frac{cm\Delta T + I_2 A}{P - I_1 A} = \frac{0,05 \dots \text{kWh} + 0,184 \dots \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \cdot 10,06 \text{ m}^2}{10,39 \dots \text{kW} - 0,22 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2} \cdot 10,06 \text{ m}^2} \\ &= 0,233 \dots \text{h} \approx 14,0 \text{ min.} \end{aligned} \quad (9)$$

Paksuseinäisille uuneille lämmönläpäisykerroin U on uunin 14a mittausten mukaan $0,0034 \text{ kW/}^\circ\text{C} \cdot \text{m}^2$, I_2 on $0,20 \text{ kWh/m}^2$ ja uunin seinämien lämmittämiseen

tarvittava energian intensiteetti on 0,44 kWh/m². Kyseiset uunit sekä uunit 4a ja 4b myös jakavat lämpimiä seiniä keskenään, mikä on huomioitu kyseisen seinän lämmön pysymisenä systeemissä ja seinän lämmityslämmön puolittamisella. Uunien lämmitysajat on esitetty taulukossa 4. Taulukossa uunien 1, 6 ja 14a arvot ovat mitattuja ja loput laskettuja. Lähtölämpötilana on viikonlopun ajan jäähtynyt uuni ja tavoitelämpötilana on n. 100 °C tai uunikohtainen hieman korkeampi lämpötila. Tarkempi taulukko on liitteessä 1, jossa lämmitystehona on uunin lämmitysvastusten tehon ja systeemistä pois siirtyvän tehon erotus.

TAULUKKO 4. Uunien lämpenemisajat.

Uuni	Lämpenemisaika hh:min
1	00:21
2	00:14
3	00:16
4a	00:52
4b	04:51
5	00:12
6	00:15
7	00:10
8	00:16
9	00:07
10	00:34
11	00:19
12	01:06
13a	06:06
13b	03:50
14a	01:36
14b	01:34
15a	05:53
15b	01:08

5.2 Käytännön toteutus ja uunien aikataulut

Todellisuudessa uunien lämpötilaan ennen lämmityksen alkua ja lämpötilan nousun nopeuteen vaikuttavat ympäröivän lämpötilan lisäksi myös esimerkiksi uunin sisältö. Uunissa on usein muotti tai teräsrunko, jonka on oltava lämmin töiden alkaessa. Useimmiten ne ehtivät lämmetä hyvin uunin lämpenemisen mukana, mutta suuremmat teräsrungot vaativat aikaa kuumassa uunissa.

Tehtaalla on voimakas perimätiedon kulttuuri esimerkiksi suurimpien runkojen lämmityksen tarpeesta. Uuneissa 14a ja 14b valmistettavaa ”2200S”-tuotteen runkoa lämmitetään neljä tuntia kuumassa uunissa ennen valua. Yksi mittaus tehtiin lämpötila-anturi kiinni kyseisessä rungossa, ja runko saavutti tavoitelämpötilan neljä tuntia uunin päälle laittamisen jälkeen. Perimätietoon on syytä luottaa myös ”2200R”-tuotteen kanssa, jonka on oltava uunissa kuusi tuntia ennen valua. Tästä syystä uunien aikatauluissa on ilmoitettu kyseiset poikkeukset. Taulukon 5 aikatauluihin on myös lisätty pieni marginaali olosuhteiden muutosten varalle ja luettavuutta helpottamaan.

TAULUKKO 5. Uunien aikataulut

Uuni	Lämpenemisaika hh:min
1	00:25
2	00:20
3	00:20
4a	01:00
4b	05:00
5	00:15
6	00:20
7	00:15
8	00:20
9	00:10
10	00:40
11	00:25
12	01:10
13a	06:10
13b	03:55 (06:00 "2200R")
14a	01:36 (04:00 "2200S")
14b	01:34 (04:00 "2200S")
15a	06:00
15b	01:15

Taulukko ilmoittaa kuinka kauan ennen työvuoron alkua uuniin on kytkettävä virrat päälle. Esimerkiksi työvuoron alkaessa arkisin klo 06:00 voidaan uuni 1 ajastaa lämpenemään ma-pe klo 05:35 ja sammumaan työvuoron loppuessa. Lauan- tai- ja sunnuntaipäiville ajastusta ei tarvita. Aikataulut on laskettu pienen mitausotannan pohjalta, joten sitä on syytä kehittää suuntaan tai toiseen jos parannettavaa ilmenee.

5.3 Energian säästö

Todellisuudessa uuneista kaikki eivät sovi ajastettuun käyttöön. Uunit 8 ja 15b toimivat varastoina ja ovat jatkuvasti päällä pitäen raaka-ainetta lämpimänä. Lisäksi uunit 12 ja 15a on vain harvoin käytössä. Energiansäästön arviossa nämä uunit on jätetty pois laskuista. Myös erittäin hitaasti lämpenevät uunit 4b ja 13a on jätetty pois ajastuksen piiristä laskelmassa, ja ne ovat päällä normaalisti. Jokaisessa uunissa on myös jatkuvasti päällä 2,2 tai 3 kW puhallin. Oletetaan uunien puhaltimet 2,2 kW tehoisiksi, koska tarkempaa jakoa ei tiedetä.

Uunin 1 käyttämä energia uunin käyttölämpötilan ylläpitämiseen oli 45 % uunin maksimitehon energiankulutuksesta ja uunin 14a 49 %. Käytetään laskennassa lämpimien uunien energiankulutuksissa 45 % maksimitehoista. Säästöt lasketaan verrattuna uunien ympärivuorokautiseen päällä olemiseen arkipäivinä ja niiden käynnistykseen sunnuntaisin klo 18:00. Tuloksissa on myös otettu huomioon kesälomat, ja jokaisen uunin on laskettu kertoimelle 11/12 olevan poissa käytöstä yhden kuukauden vuoden aikana. Säästetyn energian määrä vuositasolla on esitetty taulukossa 6, kun esimerkiksi uunin 1 ilman ajastusta vuodessa käyttämä energia Q_{nyt} on

$$\begin{aligned} Q_{nyt} &= 52 \cdot \left((t - t_{lämmitys}) \cdot (0,45 \cdot P_{vastus} + P_{puhallin}) + Q_{lämmitys} \right) \quad (10) \\ &= 52 \cdot ((124 \text{ h} - 0,35 \dots \text{h}) \cdot (0,45 \cdot 19,86 \dots \text{kW} + 2,2 \text{ kW}) + 7,82 \dots \text{kWh}) \\ &= 72\,015,29 \dots \text{kWh} \approx 72\,015 \text{ kWh}, \end{aligned}$$

kun t on päälläolotunnit viikossa, $t_{lämmitys}$ uunin lämmitykseen kuluva aika, P_{vastus} lämmitysvastusten teho, $P_{puhallin}$ puhaltimen teho ja $Q_{lämmitys}$ uunin lämmittämiseen tarvittava energia. Uunin 1 ajastuksen kanssa vuodessa käyttämä energia $Q_{ajastettu}$ on

$$\begin{aligned} Q_{ajastettu} &= 52 \cdot 5 \cdot \left(Q_{lämmitys} + t_{vrk} \cdot (0,45 \cdot P_{vastus} + P_{puhallin}) \right) \quad (11) \\ &= 52 \cdot 5 \cdot (7,82 \dots \text{kWh} + 16 \text{ h} \cdot (0,45 \cdot 19,86 \dots \text{kW} + 2,2 \text{ kW})) \\ &= 48\,365,78 \dots \text{kWh} \approx 48\,366 \text{ kWh}, \end{aligned}$$

kun t_{vrk} on uunin lämpimänäolotunnit vuorokaudessa.

TAULUKKO 6. Uunien käyttämä sähköenergia.

Uuni	Energiankulutus vuodessa nyt [kWh]	Energiankulutus vuodessa ajastettuna [kWh]
1	72 015	48 366
2	44 409	29 369
3	46 432	30 797
4a	110 153	78 438
5	46 413	30 586
6	80 685	53 550
7	72 583	47 758
9	88 649	57 954
10	48 553	33 282
11	82 751	55 392
13b	66 343	61 041
14a	112 775	85 650
14b	114 104	86 397
Summa	871 762	612 183
Erotus	259 579	
Kerroin 11/12	237 947	

Kiikan tehtaan PU-osaston uunien automatisointi säästäisi sähköenergiaa 237,947 MWh vuodessa. Tämä tarkoittaisi 27 % laskua sähköenergian kulutuksessa.

5.4 Luotettavuusarvio

Mittalaitteiden virheet ovat lopputuloksiin nähden erittäin pieniä. Uunin 1 lämmityksen energiankulutuksen 0,06 kWh virhe tai lämpötilatallentimen 0,2 °C virhe eivät vastaa lähellekään yhtä suurta eroa lämmitysajassa kuin olosuhteiden muutosten vuoksi tehty usean minuutin lisäys. Myös uunien mittojen virheen vaikutus

on pieni verrattuna lopputuloksiin. Suurin osa tuloksista on johdettu samankaltaisten, mutta joka tapauksessa hieman erilaisten uunien ominaisuuksista, joten lämmitysajat eivät ole tarkkoja.

Aikataulujen tarkoituksena on tarjota hyvät lähtökohdat uunien ajastuksen toteuttamiseen. Jälkitarkastelu ja aikataulujen korjaaminen on ajastuksen toteuttamisen jälkeen välttämätöntä mitatuista uuneista poikkeavien uuniyksilöiden varalta.

6 AUTOMAATORATKAISU

6.1 Vertailu

Uunien virtojen päälle kytkemisen on tapahduttava monesti silloin, kun tehtaalla ei ole ketään paikalla. Lisäksi uuneja on ohjattava yöaikaan, joten uunien ohjaamiseen valittavan järjestelmän vaatimuksena on määritellyn aikataulun mukainen itsenäinen toiminta.

Tarkoitukseen löytyi lukematon määrä eri tuotteita ja sovelluksia, mutta oikea valinta vaati käyttötarpeiden analyysiä. Edullisimmat tuotteet voitiin rajata pois, koska tehdasympäristössä tuotteen toimintavarmuus ja pitkäikäisyys ovat erittäin tärkeitä ominaisuuksia. Myös luotettavuuden ja teknisen tuen takaamiseksi tulevaisuudessakin, valmistajat rajattiin muutamaaan alan suurimpaan toimijaan.

Uuneja ohjaavan aikataulun muokkaamisen täytyy olla vaivatonta esimerkiksi ajoittaisten viikonloppu- ja ylitöiden vuoksi. Tuotannon määrän mukaan myöskään kaikki uunit eivät ole aina käytössä. Jokaisen uunin luona olevan ohjaimen sijaan helpompi ja vaivattomampi vaihtoehto on yksi ohjain, joka on yhteydessä jokaiseen uuniin. Kunnossapidon arvio kaapeloinnin kustannuksista jokaiselta uunilta yhteiselle ohjaimelle oli noin tuhat euroa uunia kohden.

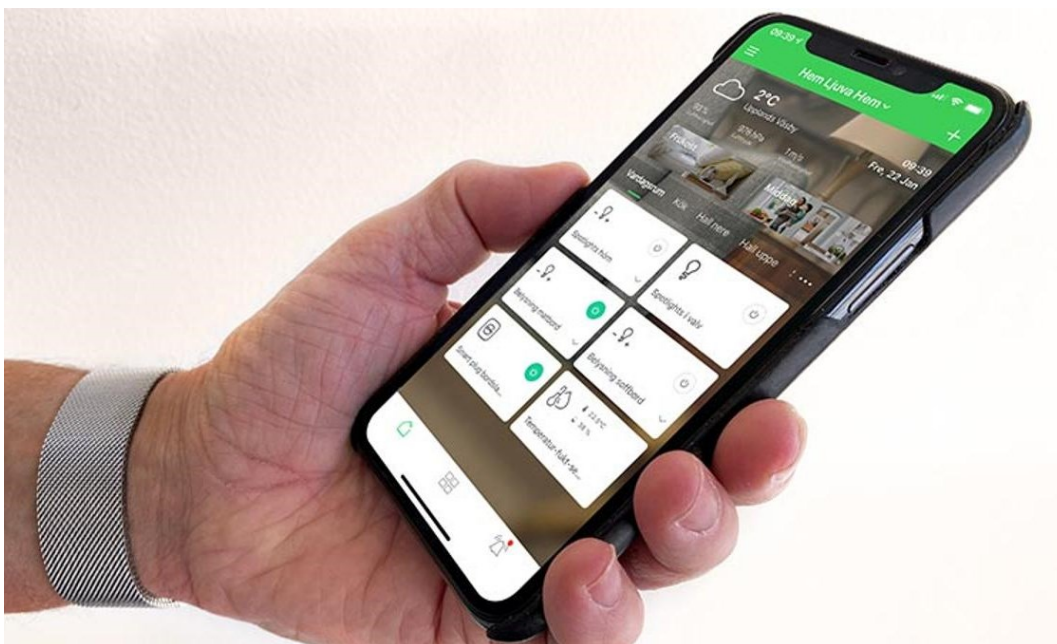
Tehtaalla oleva kattava langaton internetyhteys mahdollistaa kuitenkin käyttäjävälisemmän ja kattavamman langattoman ratkaisun. Moni taho valmistaa langattomasti ohjattavia kytkimiä, joita ohjataan siihen tarkoitetun sovelluksen avulla. Käyttöliittymän tulisi mahdollistaa jokaisen uunin aikataulun tallentamisen lisäksi niiden muokkaamisen internetin välityksellä muutosten ilmetessä. Sovelluksen avulla jokaisen uunin aikataulua pääsisi tutkimaan ja muokkaamaan tarvittaessa myös tehtaan ulkopuolelta. Lisäksi kytkinmoduulien asennus uuneihin olisi yksinkertaisempaa ja edullisempaa. Kunnossapidon arvio kytkentöjen hinnasta oli noin 500 euroa uunia kohden.

6.2 Valinta

Käyttötarkoituksen ja vaadittavien ominaisuuksien perusteella uunien ohjaamiseen valittiin Wiser-tuotteet valmistajalta Schneider Electric. Kytkimiin asennettavia Wiser 10AX -kytkinmoduuleja voidaan ohjata ilmaisen Wiser by SE -sovelluksen avulla älypuhelimella tai tabletilla (kuva 6 ja 7). Kytkinmoduulien lisäksi tarvitaan Wiser-keskusyksikkö, joka valvoo ja ohjaa kytkimiä. (Schneider Electric nd). Sovellukseen voidaan nimetä kytkinmoduulit uunien numeroinnin mukaan, ja niille voidaan asettaa muokattava aikataulu, jonka mukaisesti sovellus ohjaa kytkimiä.



KUVA 6. Wiser 10AX -kytkinmoduuli (Bauhaus nd).



KUVA 7. Wiser by SE -sovellus älypuhelimessa (Schneider Electric nd).

Automaation käyttöönottoon liittyvät kustannukset ovat hyvin maltilliset sähkökustannusten laskuun verrattuna. Kytkinmoduulien hinta on n. 90 €/kpl ja keskusyksikön n. 180 € (Bauhaus nd). Kunnossapidon arvon asennuksen kuluista ollessa karkeasti n. 500 €/kpl, kokonaiskuluja 13 uunille kertyy n. 8 000 euroa. Taulukossa 7 on esitetty taloudelliset säästöt sähkökuluissa sähkön hinnan mukaisesti sisältäen myös sähkönsiirtokulut.

TAULUKKO 7. Uunien automatisoimisen tuomat säästöt sähkömenoista.

Sähkön kokonais-hinta [€/kWh]	Säästöt vuodessa [€]	Hankinnan kulujen säästämiseen vaadittu aika [vk]
0,05	11 897	35
0,20	47 589	9
0,35	83 281	5
0,50	118 974	3

Jo alle vuoden takaisinmaksuaika investoinnille tekee sijoituksesta erittäin kannattavan. Uunien automatisoinnin kustannukset ovat erittäin pienet sen tuomiin säästöihin verrattuna. Sähkölaskun pienenemisen lisäksi henkilöstökulujen arvioitu säästö sunnuntaivuorojen poistuessa on 864 € vuodessa.

7 POHDINTA

Tulokset osoittavat työn olleen onnistunut, ja uunien automatisoinnin toteuttamisen olevan kannattavaa. Uunien tuottamatonta päälläoloaika voidaan karsia ajastetuilla kytkimillä merkittävästi. Työn toteuttamisen taloudelliset, ekologiset ja sosiaaliset hyödyt ovat huomattavat.

Tutkimusta tulisi kehittää mittauksia lisäämällä luotettavamman lopputuloksen saamiseksi. Vain muutaman uunin mittausten perusteella lasketut lämpenemisajat muille uuneille eivät ole kovin tarkkoja, mutta antavat hyvän lähtökohdan jatkotutkimuksia varten. Tarkemman lopputuloksen saamiseksi on kaikkien uunien lämpötilaa mitattava uunin toiminnan aikana. Vaivattomammin ajastuksen tuloksien tarkkuutta voi parantaa ottamalla ne käyttöön sellaisinaan ja korjata niitä tarpeen mukaan, kun korjattavaa havaitaan.

Uunien ajastamisen ohella tehtaalla on syytä harkita leanin laajempaa ja systemaattista käyttöönottoa. Filosofian mukaisesta tuotannon kehittämisestä saadaan selvää taloudellista hyötyä. Ajan saatossa muuttuneet toimintatavat voidaan yksinkertaistaa tehokkaammiksi analysoimalla ne tarkasti etsien turhaa työtä ja tuottamattomia vaiheita.

Uunien toiminnan ajastamisen vaikutuksia uunien käyttöikänsä ja huollon tarpeeseen ei työssä analysoitu. Uunien sähkövastuksien ja puhaltimien päälläoloajat laskevat, mutta toisaalta uunien rakenteiden lämpölaajenemisen aiheuttamien muutosten taajuus kasvaa. Kokonaisvaikutuksen voi olettaa olevan neutraali.

Sekä päästöjen että energiankulutuksen minimoimiset ovat olleet jo pitkään hyvin vakavasti otettavia tavoitteita, ja niiden merkitykset muuttuvat jatkuvasti yhä tärkeämmiksi. Ilmastomuutoksen ja energiakriisien vuoksi myös jokaisen teollisen alan yrityksen on kannettava kortensa kekoon ja kehitettävä prosessejaan energiatehokkaammiksi.

LÄHTEET

Bauhaus. nd. Keskusyksikkö Wiser. Viitattu 8.10.2022.

<https://www.bauhaus.fi/keskusyksikko-wiser.html>

Bauhaus. nd. Kytinmoduuli Wiser 10AX. Viitattu 8.10.2022.

https://www.bauhaus.fi/kytkinmoduuli-wiser-10ax.html?sku=61464436&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=&qclid=CjwKCAjwv4SaBhBPEiwA9YzZvCK6lJQbqYgOk-GNs46-Lx1ef-RZRlyBnO1MG--WmL-kA1hQ_5rY9rxoCXo8QAvD_BwE#

Chauvin Arnoux. 2021. PEL103 User's manual. Viitattu 8.10.2022.

<https://www.chauvin-arnoux.co.uk/sites/default/files/HLHBWL79.PDF>

Cuce, E. 2018. Accurate and reliable U-value assessment of argon-filled double glazed windows: A numerical and experimental investigation. Energy and buildings.

Ekosähkö. nd. Usein kysytyt kysymykset vihreästä sähköstä. Viitattu 5.10.2022.

<https://www.ekosahko.fi/usein-kysytyt-kysymykset-vihreasta-sahkosta>

Elbert, M. 2013. Lean Production for the Small Company. Portland: Productivity Press.

Mulder, K. 2017. Sustainable Development for Engineers: A Handbook and Resource Guide. Lontoo: Taylor and Francis.

Mäenpää, K. 2019. Mitä on lean? Suomen Konepajainsinööri-yhdistys r.y. Viitattu 4.10.2022.

<https://skiy.fi/artikkelit/lean/>

Mäkelä, M., Soininen, L., Tuomola, S. & Öistämö, J. 2008. Tekniikan kaavasto. Tampere: Tammertekniikka.

Schneider Electric. nd. Wiser – Helppo älykoti kaikille. Viitattu 8.10.2022.

<https://www.se.com/fi/fi/home/smart-home/local/wiser/electricians.jsp>

LIITTEET

Liite 1. Teho- ja energiatalentimen mittaustulos

Energia ja kustannukset		
Päivämäärä	Aika	Ep (Wh) (1 min) kWh
16.10.2022	18:18:00	0,16
16.10.2022	18:19:00	0,76
16.10.2022	18:20:00	1,356
16.10.2022	18:21:00	1,95
16.10.2022	18:22:00	2,543
16.10.2022	18:23:00	3,132
16.10.2022	18:24:00	3,718
16.10.2022	18:25:00	4,303
16.10.2022	18:26:00	4,885
16.10.2022	18:27:00	5,467
16.10.2022	18:28:00	6,048
16.10.2022	18:29:00	6,628
16.10.2022	18:30:00	7,207
16.10.2022	18:31:00	7,787
16.10.2022	18:32:00	8,382
16.10.2022	18:33:00	8,977
16.10.2022	18:34:00	9,572
16.10.2022	18:35:00	10,169

Liite 2. Lämpötilatallentimen mittaustulos

Laitteen nimi:		Temp1000P
Laitteen kuvaus:		Lämpötilaloggeri
Sarjanumero:		N92594
Laitenumero:		Temp
		Kanava 1
Päivämäärä	Aika	Mittapään lämpötila (°C)
14.10.2022	12:47:00	20,7
14.10.2022	12:48:00	20,65
14.10.2022	12:49:00	20,8
14.10.2022	12:50:00	21,55
14.10.2022	12:51:00	21,95
14.10.2022	12:52:00	21,8
14.10.2022	12:53:00	29,1
14.10.2022	12:54:00	24,55
14.10.2022	12:55:00	34,3
14.10.2022	12:56:00	59,5
14.10.2022	12:57:00	73,65
14.10.2022	12:58:00	84,85
14.10.2022	12:59:00	91,95

Liite 3. Uunien lämpenemisajat

Uuni	Lämmitysteho	Lämmön tarve ilma	Lämmön tarve seinät	Lämpenemisaika	
	kW	kWh	kWh	h	min
1	14,1320	0,2129	4,7992	0,3547	21,2797
2	8,1791	0,0519	1,8541	0,2330	13,9817
3	8,5287	0,0639	2,1416	0,2586	15,5154
4A	18,8510	1,2249	15,1356	0,8679	52,0733
4B	3,3780	1,2249	15,1356	4,8433	290,5955
5	9,0127	0,0457	1,7361	0,1977	11,8621
6	17,8471	0,1742	4,2020	0,2452	14,7125
7	16,7698	0,0944	2,7829	0,1716	10,2946
8	12,7381	0,1192	3,2584	0,2652	15,9097
9	22,6820	0,0802	2,4733	0,1126	6,7548
10	7,1051	0,1558	3,9145	0,5729	34,3725
11	17,1011	0,0661	5,4074	0,3201	19,2037
12	1,9239	0,0617	2,0642	1,1050	66,2983
13A	4,1826	0,7561	24,7500	6,0981	365,8851
13B	7,3705	0,8771	27,3900	3,8352	230,1098
14A	21,3413	1,0017	30,7670	1,4886	89,3161
14B	21,8032	1,0017	30,7670	1,4571	87,4240
15A	10,6456	2,0914	60,5968	5,8886	353,3188
15B	5,6163	0,2365	6,1204	1,1319	67,9119