Tommi Laine

ASSCON VP3000 -höyryfaasiuunin juotosprosessin evaluointi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Elektroniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

20.5.2014

Metropolia

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Tommi Laine ASSCON VP3000 -höyryfaasiuunin juotosprosessin evaluointi 21 sivua + 8 liitettä 20.5.2014
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	elektroniikka
Ohjaajat	yliopettaja Kari Salmi liiketoimintapäällikkö Tommi Kiviranta

Tämä insinöörityö tehtiin Hyrles Oy:n elektroniikkaosastolle Lohjalla. Työn tavoitteena oli tutkia ASSCON VP3000 -höyryfaasiuunin juotosprosessin vakautta ja juotettavan kappaleen massan vaihtelun vaikutusta juotosprofiiliin höyryfaasiuunilla juotettaessa.

Tutkimukset suoritettiin tekemällä lämpötilaprofiilimittauksia höyryfaasiuunille suunnitellulla profilointilaitteella. Mittauksissa käytettiin profilointilaitteen mittalevyä, jonka massaa kasvatettiin kuparipainoilla. Lämpötilaprofiilimittauksia tehtiin tyhjällä mittalevyllä ja kuudella lisätyllä massalla. Massat vaihtelivat 50 - 500 gramman välillä.

Tuloksista havaittiin, että juotosprosessi piteni sitä mukaa, kun massaa lisättiin, mutta sillä ei ollut vaikutusta juotteen sula-aikaan. Tuloksista havaittiin myös, että vaikka mittalevyn massa pidettiin vakiona, juotosprosessin ja sula-ajan pituus vaihteli jonkin verran joillain mittauskerroilla. Vaihtelut eivät kuitenkaan olleet merkittäviä ja juotosprofiili pysyi jokaisessa mittauksessa juottamisen kannalta hyvänä.

Työlle asetetut tavoitteet saavutettiin, sillä suoritetuista mittauksista nähtiin, että höyryfaasiuunin juotosprosessi on pienistä vaihteluista huolimatta stabiili. Opittiin myös miten juotettavan kohteen massan vaihtelu vaikuttaa juotosprofiiliin.

Avainsanat	höyryfaasi, profilointi, juottaminen

Author Title Number of Pages Date	Tommi Laine Evaluating the Soldering Process of the ASSCON VP3000 Vapor Phase Oven 21 pages + 8 appendices 20 May 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electronics
Instructors	Kari Salmi, Principal Lecturer Tommi Kiviranta, Business Unit Manager

This bachelor's thesis was done for the Department of Electronics at Hyrles Oy in Lohja. The objectives of this project were to study the stability of the ASSCON VP3000 vapor phase oven soldering process and to study the effects on soldering profile when the mass of the object to be soldered is altered between measurements.

Studies were carried out by performing temperature profile measurements with a profiling device which was specifically built for vapor phase soldering ovens. A measuring board which mass was increased with copper weights was used as an object to be soldered. Temperature profile measurements were made with an empty measurement board and with six added masses. The masses ranged from 50 to 500 grams.

The results showed that the length of the soldering process increased when mass was added but it had no effect on the time above liquidus of the solder. The results also showed that even when the mass of the measurement board remained constant, the length of the soldering process and the time above liquidus varied in some of the measurements. However, the variations were not significant and in each measurement the soldering profile remained good for soldering.

The objectives set for this project were achieved because it was found that the vapor phase oven soldering process was stable despite small variations in the process. It was also learned how altering the mass of the object to be soldered affects the soldering profile.

Keywords	vapor phase, profiling, soldering

Sisällys

Tiivistelmä
Abstract
Sisällys

1 Johdanto 1

2 Höyryfaasiuuni 2

2.1 Höyryfaasiuunin historiaa 2
2.2 Höyryfaasiuunin toimintaperiaate 3
2.3 Galden-neste 4
2.4 ASSCON VP3000 -höyryfaasiuuni 4

3 Termopari lämpötila-anturina 6

4 Lämpötilaprofiili 7

5 ASSCON VP3000 -höyryfaasiuunin juotosprosessin evaluointi 8

5.1 Lämpötilaprofiilimittauksissa käytetyt mittalaitteet 8
5.2 Lämpötilaprofiilimittaukset höyryfaasiuunilla 9
5.2.1 Tulosten toistettavuuden varmistaminen 10
5.2.2 Mittauksien tulokset 50 g massalla 11
5.2.3 Mittauksien tulokset 100 g massalla 12
5.2.4 Mittauksien tulokset 200 g massalla 13
5.2.5 Mittauksien tulokset 300 g massalla 14
5.2.6 Mittauksien tulokset 400 g massalla 15
5.2.7 Mittauksien tulokset 500 g massalla 16
5.3 Mittaustulosten yhteenveto 17

6 Yhteenveto 20

Lähteet 21

Liitteet
Liite 1. Mittaukset ilman painoja
Liite 2. Mittaukset 50 g painoilla
Liite 3. Mittaukset 100 g painoilla

Liite 4. Mittaukset 200 g painoilla

Liite 5. Mittaukset 300 g painoilla

Liite 6. Mittaukset 400 g painoilla

Liite 7. Mittaukset 500 g painoilla

Liite 8. Mittaustulosten yhteenveto

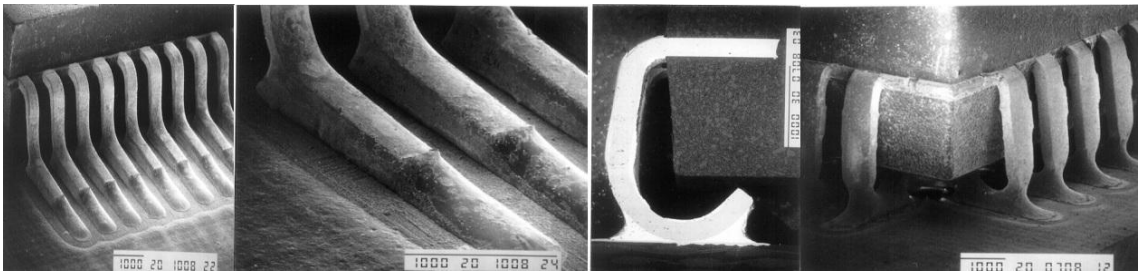
1 Johdanto

Insinöörityö on tehty Hyrles Oy:n elektroniikkaosastolle Lohjalla. Hyrles Oy on vuonna 1989 perustettu ohutlevymetallin, sähkömekaniikan ja elektroniikan alihankkija, jolla on tehtaat Lohjalla ja Virossa Raen kunnassa. Yritys työllistää yhteensä noin 170 työntekijää.

Työssä tarkastellaan ASSCON VP3000 -höyryfaasiuunin juotosprosessia mittaamalla lämpötilaprofiileja eri massoilla. Tavoitteena on todeta juotosprosessin vakaus ja tutkia juotettavan kappaleen massan vaikutusta juotosprofiiliin. Tämä valittiin työn aiheeksi, sillä työnantaja halusi selvittää miten vakaa käytössä olevan höyryfaasiuunin juotosprosessi on.

2 Höyryfaasiuuni

Elektroniikkateollisuudessa pintaliitoskomponenttien juottamiseen käytetään useita tekniikoita kuten infrapuna- , konvektio- , laser- ja höyryfaasijuottaminen. Näistä höyryfaasijuottamista pidetään nykyään parhaana vaihtoehtona varsinkin lyijytöntä tinaa käytettäessä. Kuvassa 1 esitetään höyryfaasiuunilla tehtyjä juotoksia.



Kuva 1. Höyryfaasiuunilla tehtyjä juotoksia [1]

Höyryfaasijuottamisen suurimmat edut verrattuna muihin juotostekniikoihin ovat

- täysin hapeton juotosprosessi
- juotettava kappale ei ylikuumene
- toistettavat prosessiolosuhteet
- alhaiset käyttökustannukset. [2.]

2.1 Höyryfaasiuunin historiaa

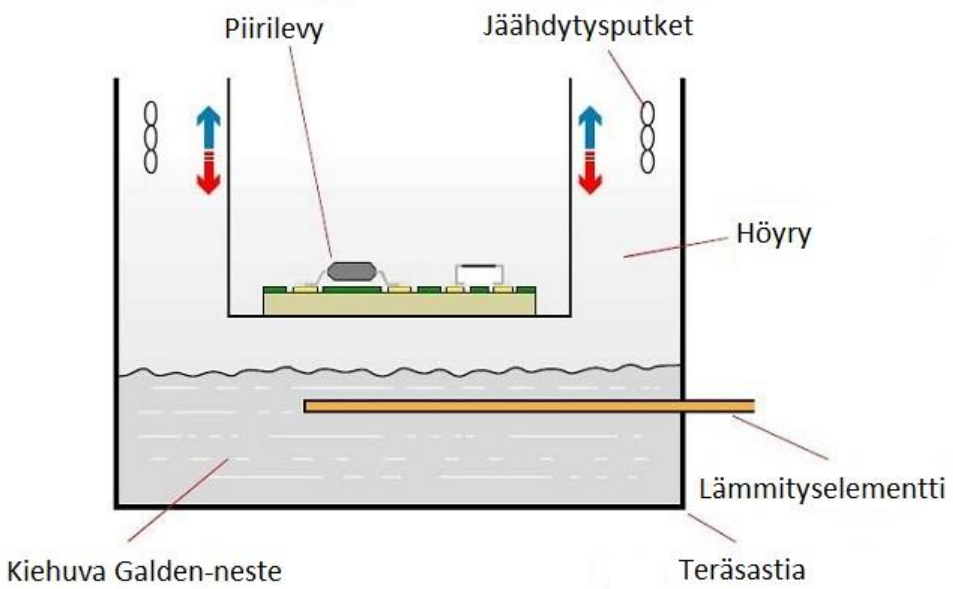
Höyryfaasijuottaminen kehitettiin jo 1970-luvun alussa ja vuonna 1974 Robert Christian Pfahl ja Hans Hugo patentoivat sen. 1980-luvulla höyryfaasijuottaminen oli suosiossa, sillä se tarjosi infrapuna- ja konvektiojuottamiseen verrattuna monia hyötyjä. Tekniikasta löytyi myös huonoja puolia, kuten liian suuri hinta ja liian nopea lämpötilan nousu eikä juotosprofiiliin pystynyt vaikuttamaan tarpeeksi. Kun vielä ympäristölle vaarallisten CFC-yhdisteiden (chlorofluorocarbon) käyttö kiellettiin, höyryfaasijuottaminen vähentyi huomattavasti, sillä höyryn muodostamiseen käytetty neste sisälsi CFC-yhdisteitä. [3.]

Kun haitallisten aineiden käyttöä sähkö- ja elektroniikkalaitteissa rajoittava RoHS-direktiivi (Restriction of Hazardous Substances) astui voimaan vuonna 2006, höyryfaasijuottaminen alkoi taas yleistyä, eikä höyryn muodostamiseen nykyään käytettävä Galden-neste sisällä enää CFC-yhdisteitä eikä se ole muutenkaan vaarallista. [4; 5.]

2.2 Höyryfaasiuunin toimintaperiaate

Höyryfaasijuottaminen perustuu kondensaatioon. Höyryfaasiuunissa on teräksinen astia, jossa oleva Galden-neste lämmitetään kiehumispisteeseen astian pohjalla olevien lämmityselementtien avulla (kuva 2). Galden-nesteen kiehumispiste on yleensä lyijytöntä pastaa käytettäessä 230 °C ja lyijyllistä pastaa käytettäessä 200 °C.

Kun astiaan on muodostunut tarpeeksi höyryä, lasketaan piirilevy alas höyryyn. Koska piirilevyn lämpötila on alhaisempi kuin höyryn lämpötila, höyry kondensoituu piirilevyn pinnalle. Tässä olosuhteenmuutoksessa kaasusta (höyry) nesteeksi vapautuu lämpöä, joka hyödynnetään piirilevyn lämmittämiseen. Galden-nesteestä muodostuu sen korkean pintajännityksen ansiosta täysin suljettu kalvo piirilevyn pinnalle. Kalvo poistaa kaiken hapen piirilevyn pinnalta juotosprosessin ajaksi ja siirtää lämpöä erittäin tasaisesti joka puolelle piirilevyä, minkä ansiosta myös suurimassaiset komponentit, joissa on piilossa olevia juotosliitoksia lämpenevät erittäin homogeenisesti. [4; 6; 7.]



Kuva 2. Höyryfaasijuottamisen toimintaperiaate [1]

Kun piirilevy saavuttaa höyryn lämpötilan, höyry nousee ylös, ja lämpötila-anturi kertoo, että juotosprosessi on päättynyt. Piirilevy nostetaan pois höyrystä, jolloin juotosnesteen jäämät haihtuvat piirilevyn pinnalta siihen varastoituneen jäännösenergian vaikutuksesta. Lopuksi piirilevy vielä jäähdytetään jäähdytysasemassa. [7.]

2.3 Galden-neste

Nykyään höyryfaasijuottamisessa käytettävä Galden-neste koostuu suureksi osaksi perfluorpolyeetteristä, eikä se sisällä CFC-yhdisteitä eikä muitakaan vaarallisia aineita. Galden-nesteet ovat palamattomia eivätkä ne reagoi helposti minkään kemikaalin kanssa edes korkeissa lämpötiloissa. Ne ovat lisäksi yhteensopivia kaikkien tunnettujen muovien, metallien ja elastomeerien kanssa. Galden-nesteiden parhaita ominaisuuksia ovat

- korkea lämpöstabiilisuus
- erinomainen materiaalisopivuus
- ei leimahduspistettä
- erinomainen lämmönsiirtokerroin
- ei luokitella vaaralliseksi materiaaliksi työsuojelulaissa. [8.]

2.4 ASSCON VP3000 -höyryfaasiuuni

ASSCON VP3000 -höyryfaasiuuni (kuva 3, ks. seur. s.) on keskisuurille tuotantomäärille tarkoitettu tuotantolinjaan liitettävä kone. Koneen keskeiset osat ovat piirilevyn lataus-, juotos- ja jäähdytysalueet sekä kosketusnäytöllinen kontrolleri, jolla konetta ohjataan ja monitoroidaan.

Kuva 3. ASSCON VP3000 -höyryfaasiuuni

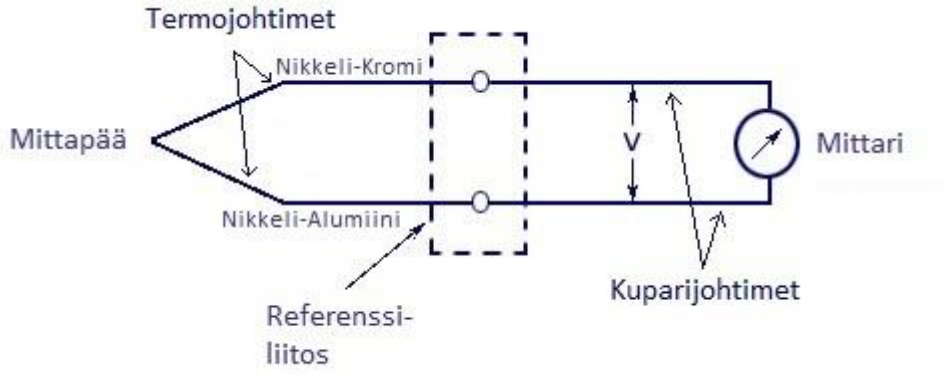
Latausalue liittää koneen tuotantolinjaan ja toimii samalla puskurina jatkuvassa tuotantoprosessissa. Piirilevyt syötetään juotosalueelle ketjukuljettimella. Kuljettimen leveyttä voidaan säätä ja suurien piirilevyjen kanssa voidaan käyttää keskitukea.

Juotosalue on tehty korkealuokkaisesta alumiinista ja ruostumattomasta teräksestä. Teräksisessä tankissa, jossa Galden-neste sijaitsee, on suuret ja hyvin eristetyt lämmittimet. Laitteessa olevat lämpötila-anturit lämmittimelle, nesteelle, höyrylle ja jäähdytykselle takaavat prosessille hyvän luotettavuuden. Jäähdytysalue on varustettu erityisellä puhallinjärjestelmällä, joka kierrättää juotosprosessista piirilevylle jääneet aineet jäähdytyskasetin kautta suodattimelle. [7.]

3 Termopari lämpötila-anturina

Termoparit ovat eniten käytettyjä lämpötila-antureita, sillä ne ovat halpoja, niillä on laa- ja lämpötila-alue, ja ne ovat pitkälle standardoituja. Lisäksi termoparin rakenne on yksinkertainen, sillä se perustuu Seebeckin ilmiöön, jossa kahden eri metallin liitoksessa syntyy lämpötilasta riippuva jännite.

Termopari mittaa lämpötilaeroa mittapään liitoksen ja referenssipisteen liitoksen välillä. Termoparit ovat yleensä standardoitu 0°C:n referenssilämpötilalle. Käytännön ratkaisuissa referenssipisteen lämpötila saadaan kuitenkin kompensoitua mittaamalla se esimerkiksi termistorilla tai diodilla. Kuvassa 4 esitetään K-tyypin termoparin rakenne. [9.]

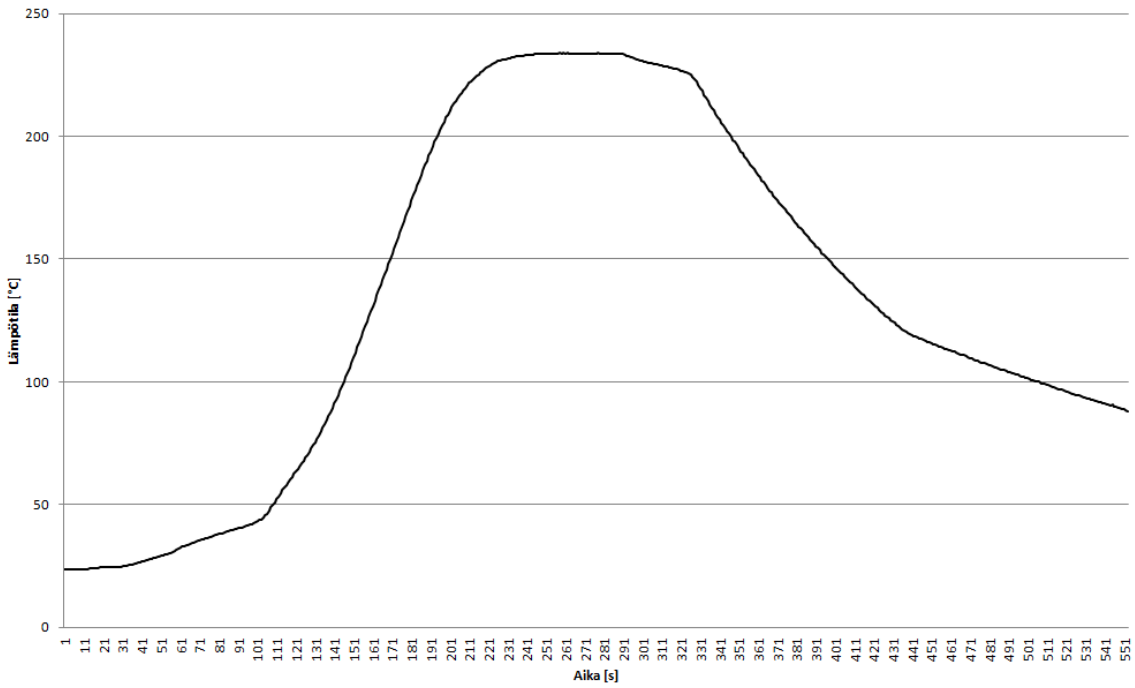


Kuva 4. K-tyypin termoparin rakenne [10]

Referenssipisteen kohdalla termojohtimet vaihtuvat yleensä kupariksi. Näin voidaan tehdä, koska termojohtimien liitoksissa kupariin syntyvät jännitteet kumoavat toisensa, kun liitokset ovat samassa lämpötilassa. Termojohtimet voidaan liittää toisiinsa kiertämällä, juottamalla tai hitsaamalla. [9.]

4 Lämpötilaprofiili

Elektroniikkateollisuudessa lämpötilaprofiili (kuva 5) kuvaa piirilevyn lämpötilaa ajan suhteessa juotosprosessin aikana [11]. Lämpötilaprofiileja mitataan, sillä juotospastan valmistajat asettavat pastalle tiettyjä suosituksia parhaan juotostuloksen saavuttamiseksi. Elektroniikassa käytetään myös hyvin lämpötilaherkkiä komponentteja, jotka saattavat mennä rikki suurissa lämpötiloissa tai nopeissa lämpötilan nousuissa.



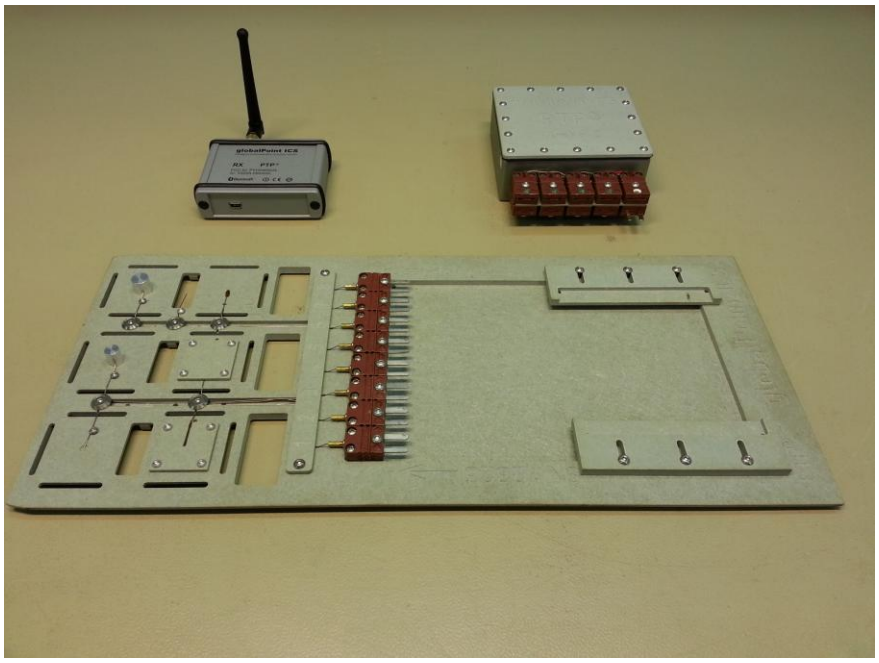
Kuva 5. Höyryfaasiuunin lämpötilaprofiili

5 ASSCON VP3000 -höyryfaasiuunin juotosprosessin evaluointi

Työn tavoitteena oli tutkia ASSCON VP3000 höyryfaasiuunin juotosprosessin vakautta ja juotettavan kappaleen massan vaihtelun vaikutusta juotosprofiiliin höyryfaasiuunilla juotettaessa. Tutkimukset suoritettiin tekemällä lämpötilaprofiilimittauksia profilointilaitteella.

5.1 Lämpötilaprofiilimittauksissa käytetyt mittalaitteet

Lämpötilaprofiilimittaukset suoritettiin Perel Oy:ltä lainassa olleella globalPoint ICS PTP VP8 -profilointilaitteistolla (kuva 6). Laitteisto koostuu höyryfaasiuunille suunnitellusta mittausyksiköstä, tietokoneeseen liitettävästä vastaanottimesta sekä mittalevystä. Mittausyksikkö on mittauksen aikana langattomasti yhteydessä tietokoneeseen, eikä mittausyksikössä ole omaa muistia ollenkaan. Mittalevyllä on kahdeksan termoparia, jotka on kiinnitetty erilaisia komponentteja simuloiviin kappaleisiin. Mittauksia suoritettaessa mittayksikkö liitetään termoparijohdoilla mittalevyyn, vastaanotin liitetään tietokoneeseen ja tietokoneella avataan profilointiohjelmisto, jolla mittaus voidaan aloittaa ja lopettaa. Mittauksen aikana tietokoneelta voidaan seurata profiilin muodostusta reaaliajassa.



Kuva 6. globalPoint ICS PTP VP8 -profilointilaitteisto

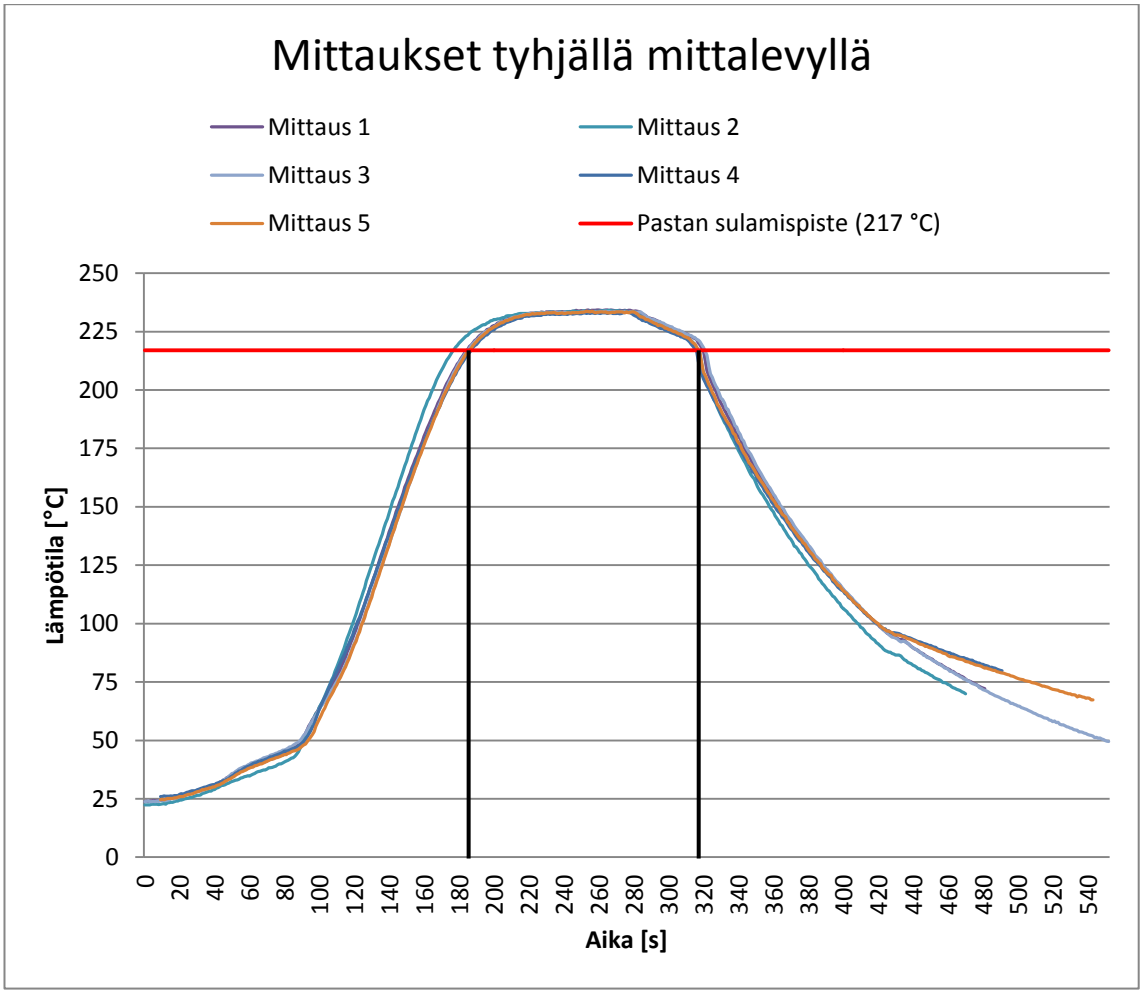
5.2 Lämpötilaprofiilimittaukset höyryfaasiuunilla

Ennen mittausten aloitusta tehtiin höyryfaasiuunille ohjelma profilointia varten. Mittaukset oli tarkoitus suorittaa samanlaisilla asetuksilla, kuin mitä suurimmalla osalla tuotannon piirilevyjen kanssa käytetään. Se ei kuitenkaan onnistunut, koska mittalaitteella oli niin suuri massa, että lämmitysaika nousi liian pitkäksi, ja sen takia mittalaitteen sisälämpötila nousi liian korkeaksi. Tämä ratkaistiin nostamalla lämmitystehoa, minkä johdosta lämpötila nousi nopeammin, eikä mittalaitteen sisälämpötila noussut enää liian suureksi.

Kun ohjelma saatiin valmiiksi, päästiin mittaukset aloittamaan. Ensin tehtiin viisi mittausta tyhjällä mittalevyllä tulosten toistettavuuden varmistamiseksi. Tämän jälkeen mittalevylle lisättiin massaa vähän kerrallaan. Massana käytettiin noin 50 gramman kuparitankoja. Massan materiaaliksi valittiin kupari sen hyvän lämmönjohtavuuden (400 W/Km) takia. Toinen vaihtoehto olisi ollut alumiini (235 W/Km), mutta se osoittautui liian kevyeksi materiaaliksi, minkä takia yksittäisistä painoista olisi tullut aivan liian suurikokoisia. Mittauksia tehtiin tyhjällä mittalevyllä ja kuudella lisätyllä massalla. Massat vaihtelivat 50 grammasta 500 grammaan ja jokaisella eri massalla tehtiin kolme mittausta tulosten varmistamiseksi.

5.2.1 Tulosten toistettavuuden varmistaminen

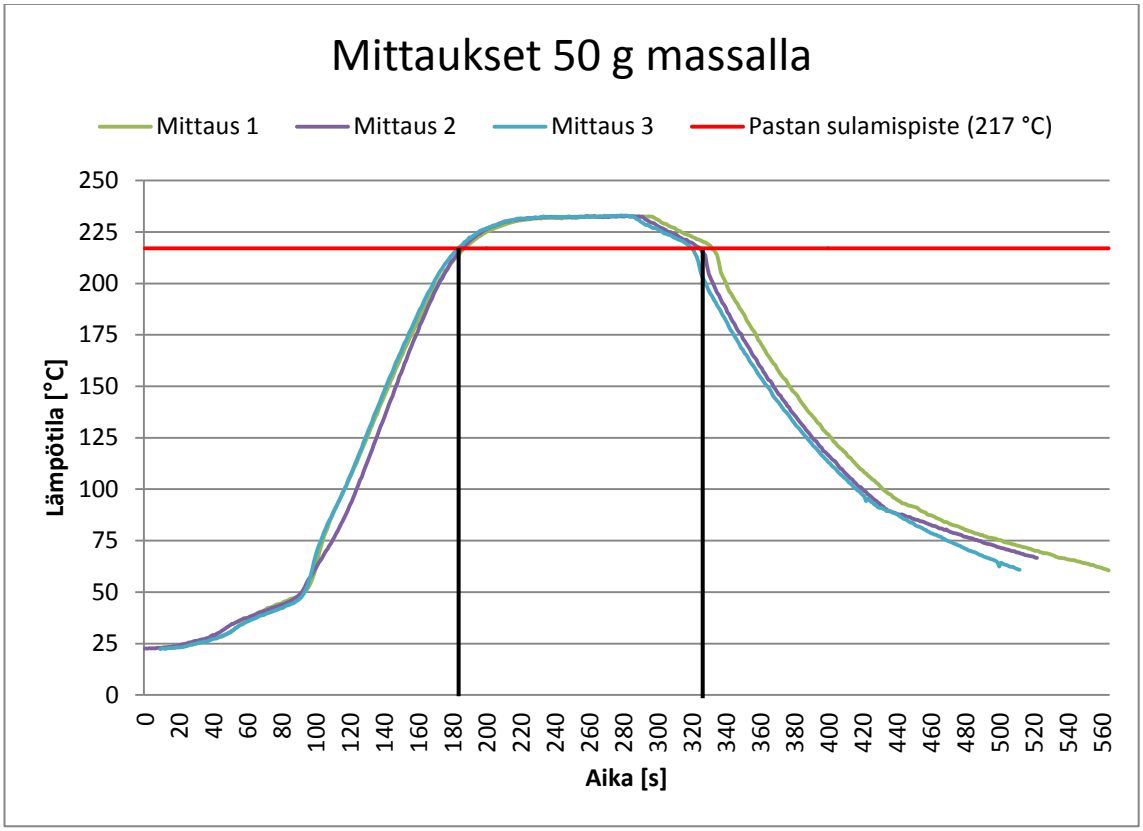
Tulosten toistettavuuden varmistamiseksi tehtiin alussa viisi identtistä mittausta tyhjällä mittalevyllä. Alla olevaan kuvaajaan (kuva 7) on yhdistetty nämä viisi mittausta. Kuvasta nähdään, että neljällä mittauskerralla saatiin hyvin yhteneväiset tulokset ja mittaus 2 oli muista mittauksista hieman poikkeava. Tarkemmalla tarkastelulla nähdään, että juotosprosessi loppuu kaikissa mittauksissa noin 280 sekunnin kohdalla ja sula-aika (aika juotospastan sulamispisteen 217 °C yläpuolella) oli noin 130 sekuntia kaikilla muilla paitsi mittaus 2:lla, jolla se oli noin 10 sekuntia pidempi. Kuvan 7 kuvaaja löytyy suurempana liitteestä 1.



Kuva 7. Mittauksien tulokset tyhjällä mittalevyllä

5.2.2 Mittauksien tulokset 50 g massalla

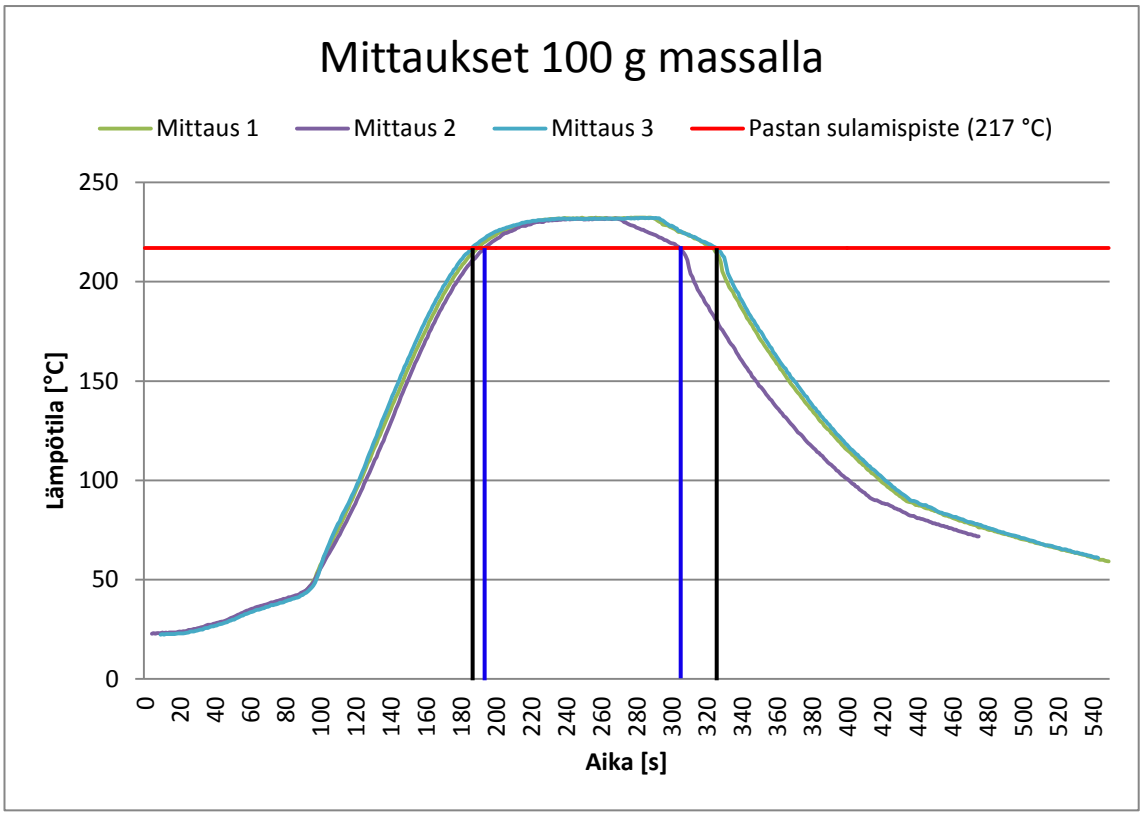
Kun mittalevylle laitettiin yksi 50 gramman kuparitanko, ei lämpötilaprofiili muuttunut kovin paljoa. Kuvasta 8 kuitenkin nähdään, että juotosprosessi loppuu noin 290 sekunnin kohdalla, kun se tyhjän mittalevyn kanssa loppui noin 280 sekunnin kohdalla. Lämmitysaika piteni siis noin 10 sekuntia verrattuna tyhjällä mittalevyllä mitattuun profiiliin. Sula-aika oli eri mittauskerroilla noin 140 - 145 sekuntia, eli vähän pidempi kuin tyhjällä mittalevyllä. Kuvan 8 kuvaaja löytyy suurempana liitteestä 2.



Kuva 8. Mittauksien tulokset 50 g massalla

5.2.3 Mittauksien tulokset 100 g massalla

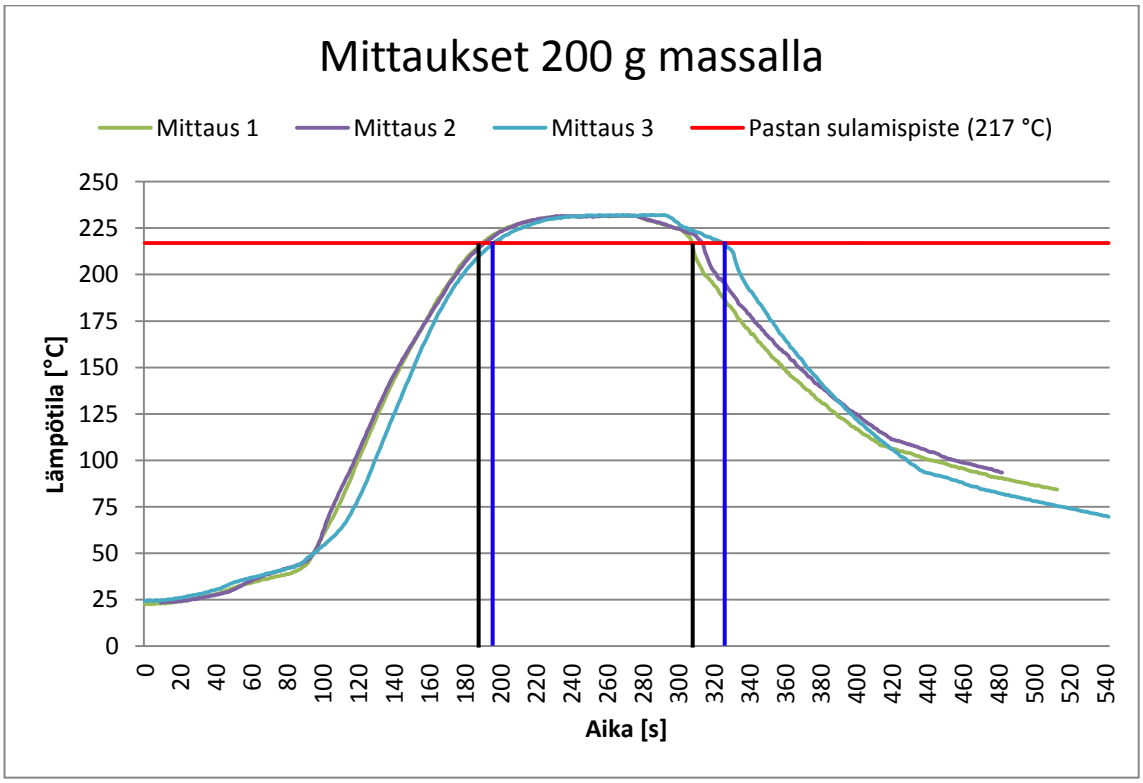
Seuraavaksi mittalevylle laitettiin kaksi kuparitankoa eli yhteensä 100 grammaa. Tällä kertaa lämpötilaprofiili ei muuttunut käytännössä ollenkaan. Kuten kuvasta 9 nähdään, poikkeuksen tekee kuitenkin mittaus 2, jossa juotosprosessi loppuu jo noin 270 sekunnin kohdalla, kun se muissa mittauksissa loppuu noin 290 sekunnin kohdalla. Myös sula-aika oli mittauksessa 2 huomattavasti lyhyempi, kuin muilla mittauskerroilla. Mittauksessa 2 se oli noin 110 sekuntia, kun taas muilla mittauskerroilla se oli noin 140 sekuntia. Nämä vaihtelut voi johtua esimerkiksi siitä, että verrattuna muihin mittauskertoihin, kelkka, jossa juotettava kappale (tässä tapauksessa profilointilaite) lasketaan juotosalueelle, on ollut vähemmän aikaa ylhäällä ja on ollut siksi lämpimämpi jo juotosprosessin alussa. Myös juotosalueella olevan höyryn määrä vaihtelee hieman, kun juotosprosessi ei ole käynnissä. Kuvan 9 kuvaaja löytyy suurempana liitteestä 3.



Kuva 9. Mittauksien tulokset 100 g massalla

5.2.4 Mittauksien tulokset 200 g massalla

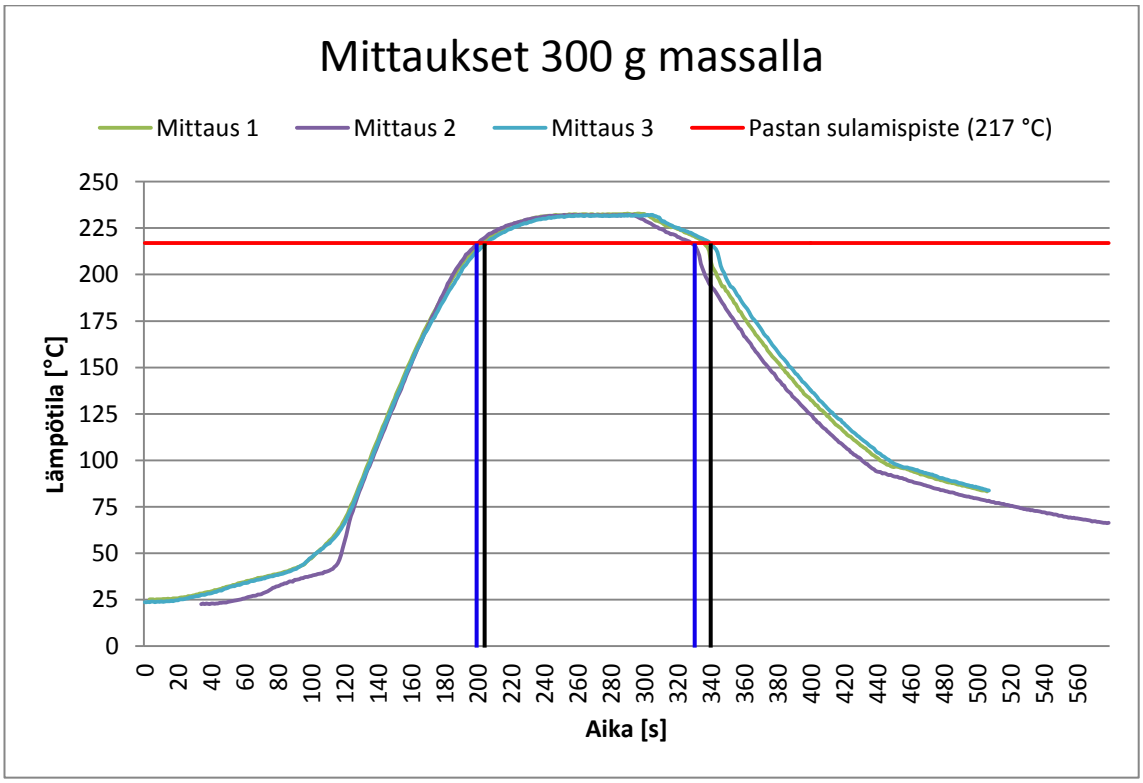
Seuraavia mittauksia varten laitettiin mittalevylle neljä kuparitankoa, eli yhteensä 200 grammaa. Kuvasta 10 nähdään, että tällä kertaa mittauksissa 1 ja 2 juotosprosessi loppui noin 280 sekunnin kohdalla ja mittauksessa 3 se loppui noin 295 sekunnin kohdalla. Sula-aika mittauksissa vaihteli noin 120 - 130 sekunnin välillä. Kuvan 10 kuvaaja löytyy suurempana liitteestä 4.



Kuva 10. Mittauksien tulokset 200 g massalla

5.2.5 Mittauksien tulokset 300 g massalla

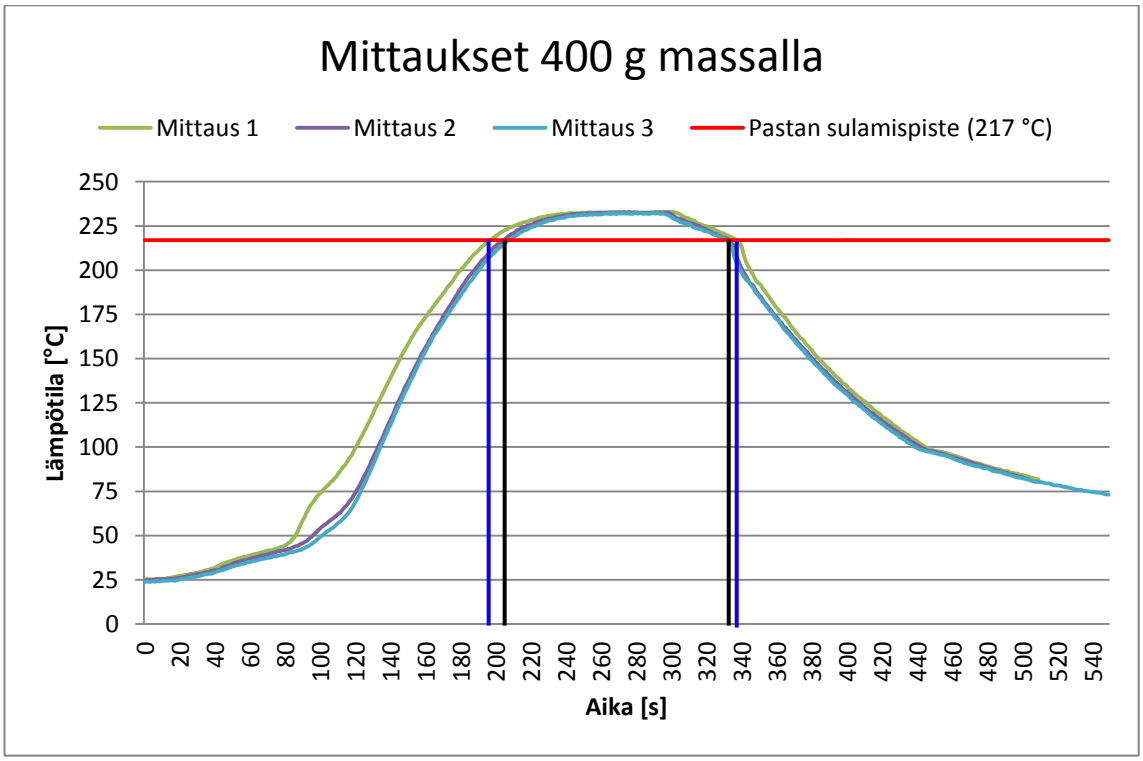
Seuraavaksi mittalevylle laitettiin kuusi kuparitankoa, eli yhteensä 300 grammaa. Tällä kertaa tulokset olivat melko yhteneväisiä ja kuten kuvasta 11 nähdään päättyy juotosprosessi kaikissa mittauksissa noin 300 sekunnin kohdalla. Myöskään sula-ajoissa ei ollut suuria eroja vaan ne vaihtelivat noin 130 - 135 sekunnin välillä. Kuvan 11 kuvaaja löytyy suurempana liitteestä 5.



Kuva 11. Mittauksien tulokset 300 g massalla

5.2.6 Mittauksien tulokset 400 g massalla

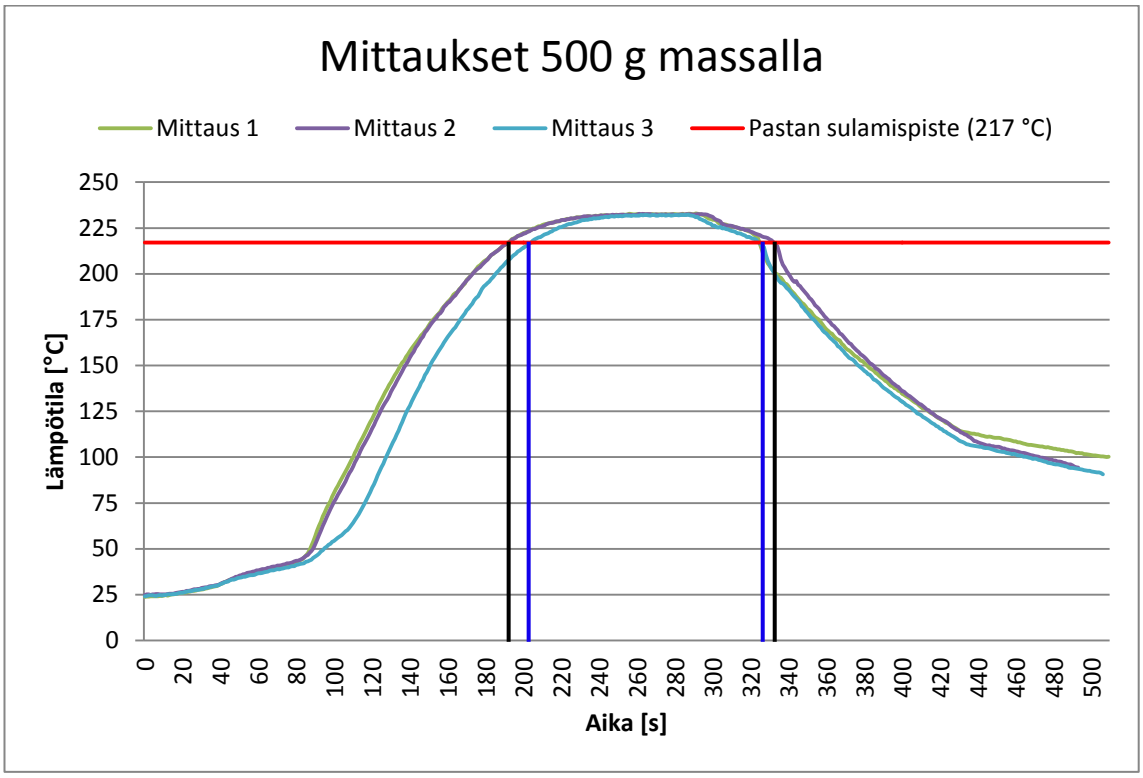
Seuraavaksi mittalevylle laitettiin kahdeksan kuparitankoa, eli yhteensä 400 grammaa. Kuvasta 12 nähdään, että mittaus 1 poikkeaa kahdesta muusta varsin paljon. Kaikissa mittauksissa juotosprosessi loppuu noin 300 sekunnin kohdalla, kuten 300 gramman mittauksissakin. Sula-aika mittauksessa yksi oli noin 140 sekuntia ja muissa mittauksissa noin 125 sekuntia. Kuvan 12 kuvaaja löytyy suurempana liitteestä 6.



Kuva 12. Mittauksien tulokset 400 g massalla

5.2.7 Mittauksien tulokset 500 g massalla

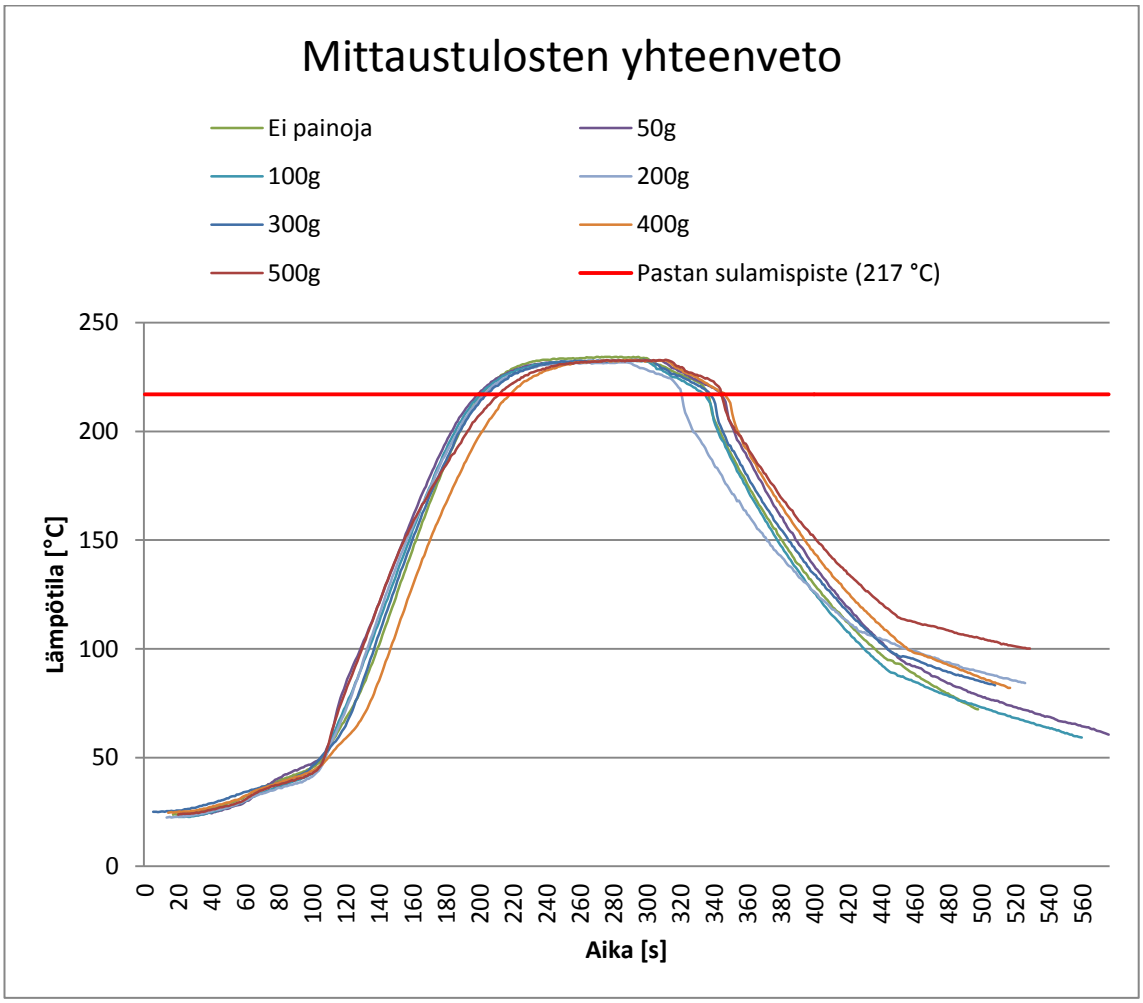
Viimeisiä lämpötilaprofiilimittauksia varten laitettiin mittalevylle 10 kuparitankoa, eli yhteensä 500 grammaa. Kuvasta 13 nähdään, että mittauksissa 1 ja 2 juotosprosessi loppuu jälleen noin 300 sekunnin kohdalla. Mittauksessa 3 profiili on hyvin erilainen ja siinä juotosprosessi loppuu noin 290 sekunnin kohdalla. Huomattava ero nähdään myös sula-ajoissa, kun mittauksessa 3 se on noin 120 sekuntia ja muissa mittauksissa se on noin 140 sekuntia, eli noin 20 sekuntia pidempi. Kuvan 13 kuvaaja löytyy suurempana liitteestä 7.



Kuva 13. Mittauksien tulokset 500 g massalla

5.3 Mittaustulosten yhteenveto

Kuvaan 14 on yhdistetty kaikista seitsemästä eri massalla tehdyistä mittauksista yksi kustakin. Kuvasta 14 ja taulukosta 2 nähdään, että juotosprosessi pitenee, kun massa lisääntyy. Juotosprosessin pituudet vaihtelivat noin 270 - 300 sekunnin välillä. Muutokset jäivät kuitenkin melko pieniksi, mikä saattaa selittyä sillä, että myös profiilointilaite menee profiloidessa juotosalueelle ja laitteella itsellään on melko suuri massa, sillä se painoi mittalevyn kanssa yhteensä noin 1100 grammaa. Tähän suhteutettuna voidaankin sanoa, että mittauksissa käytetyt pienimmät massat ovat varsin merkityksettömiä ja käytetyt massat olisivat voineet lähteä esimerkiksi 200 grammasta ylöspäin. Kuvan 14 kuvaaja löytyy suurempana liitteestä 8.



Kuva 14. Mittaustulosten yhteenveto

Taulukkoon 1 on kerätty kaikkien mittausten sula-ajat. Siitä nähdään, että sula-aika vaihteli noin 110 - 145 sekunnin välillä. Keskiarvosarakkeesta nähdään selvästi, että juotettavan kappaleen massa ei kuitenkaan vaikuttanut sula-ajan pituuteen. Lämpötila-profiili pysyi näin ollen kaikissa mittauksissa juottamisen kannalta hyvänä, sillä sula-aika pysyi jokaisessa mittauksessa tarpeeksi suurena.

Taulukko 1. Sula-aikojen pituudet lämpötilaprofiilimittauksissa

Mittalevylle lisätty massa [g]	Mittaus 1:n sula-ajan pituus [s]	Mittaus 2:n sula-ajan pituus [s]	Mittaus 3:n sula-ajan pituus [s]	Keskiarvo
0	130	140	130	133
50	145	140	140	142
100	120	110	140	123
200	120	125	130	125
300	135	130	135	133
400	140	130	125	132
500	135	140	120	132

Mielenkiintoinen havainto oli, että joissain tapauksissa lämpötilaprofiileihin tuli melko suuriakin eroja eri mittausten välillä, kun mittalevyn massa pidettiin samana. Taulukosta 1 nähtiin, että sula-aika saattoi vaihdella jopa 30 sekuntia eri mittausten välillä massan pysyessä vakiona. Taulukosta 2 nähdään, että juotosprosessin pituus vaihteli enimmillään 20 sekuntia, kun massa pidettiin vakiona.

Taulukko 2. Juotosprosessin pituudet lämpötilaprofiilimittauksissa

Mittalevylle lisätty massa [g]	Mittaus 1:n juotos-prosessin pituus [s]	Mittaus 2:n juotos-prosessin pituus [s]	Mittaus 3:n juotos-prosessin pituus [s]	Keskiarvo
0	280	280	280	280
50	295	290	285	290
100	290	270	290	283
200	275	275	290	280
300	300	290	305	298
400	300	295	295	297
500	295	295	285	292

Tämä ilmiö toistui useiden eri massojen mittausten kohdalla. Vaihtelut profiileissa tulevat mahdollisesti juotettavan kappaleen juotosalueelle vievän kelkan lämpötilasta juotosprosessin alkaessa. Kelkka on valmistettu teräksestä ja omaa siten suuren massan, minkä takia sen alkulämpötila vaikuttaa juotosprosessiin. Toinen vaihteluihin vaikuttava tekijä voi olla juotosalueella olevan höyryn määrä juotosprosessin alkaessa.

6 Yhteenveto

Insinöörityössä oli tavoitteena tutkia höyryfaasiuunin juotosprosessin vakautta ja juotettavan kappaleen massan vaihtelun vaikutusta lämpötilaprofiiliin höyryfaasiuunilla juotettaessa. Tuloksista havaittiin, että juotosprosessin pituus kasvoi massaa lisättäessä, mutta erot eivät olleet suuria. Massan kasvattaminen ei kuitenkaan vaikuttanut sulaaikaan.

Tuloksista havaittiin myös, että lämpötilaprofiili vaihteli välillä melko paljonkin eri mittauksien välillä, kun massa pidettiin vakiona. Sekä juotosprosessin pituudessa, että sulaajassa havaittiin vaihteluja. Vaikka vaihtelut vaikuttavat suurilta, eivät ne kuitenkaan sitä olleet juotosprosessin kokonaisuuteen suhteutettuna ja lämpötilaprofiili pysyi kaikissa mittauksissa juottamisen kannalta hyvänä.

Työn suoritus sujui kokonaisuudessaan hyvin ja työlle asetetut tavoitteet saavutettiin. Havaittiin, että juotosprosessi höyryfaasiuunilla juottaessa on stabiili, vaikkakin pieniä vaihteluja eri juotoskertojen välillä on. Saatiin myös selvitettyä millä tavalla juotettavan kohteen massan vaihtelu vaikuttaa lämpötilaprofiiliin.

Ainoa pieni ongelma työn aikana oli profilointilaitteen sisustan lievä ylikuumeneminen, kun työn alkuvaiheessa yritettiin tehdä mittauksia samoilla höyryfaasiuunin asetuksilla, kuin mitä tuotannossa käytetään. Tämä ei ollut työn suorituksen kannalta suuri ongelma, vaan enemmänkin tulosten kannalta, sillä nyt tuloksia on vaikea suhteuttaa Hyrlesin tuotantoon.

Tulokset ovat mahdollisesti muutenkin hieman harhaanjohtavia, johtuen profilointilaitteen ja mittalevyn suuresta yhteisestä massasta, sillä suuri osa Hyrlesissä tehtävistä tuotteista on huomattavasti kevyempiä. Tämän takia tutkimuksia voisi jatkaa jättämällä profilointilaite juotosprosessin ulkopuolelle ja valitsemalla kevyempi mittausalusta.

Lähteet

1 Lyijytön reflow-juotos turvallisesti ja hallitusti höyryfaasiprosessissa. Verkkodokumentti. Perel Oy. < https://verkkokauppa.perel.fi/cgi-bin/perelshop.wsc /webprog/document/document.p?doc=lyijyton_reflow-juotos_turvallisesti_ja _hallitusti_hoyryfaasiprosessissa.pdf&k=44798283>. Luettu 20.5.2014.

2 ASSCON VP3000 -käyttöohjeet.

3 Leicht, Helmut & Thumm, Andreas. 2008. Today's Vapor Phase Soldering - An Optimized Reflow Technology for Lead Free Soldering. Verkkodokumentti. IBL Löttechnik GMBH. <http://www.ibl-tech.com/downloads/Topical/Todays% 20Vapor%20Phase%20Soldering%20SMTAI%20Orlando%20-%20080820.pdf>. Luettu 29.4.2012.

4 Illyefalvi-Vitéz, Z., Géczy, A., Bátorfi, R. & Szőke, P. 2010. Analysis of vapor phase soldering in comparison with conventional soldering technologies. Verkkodokumentti. IEEE Explore. <http://ieeexplore.ieee.org.ezproxy.metropolia.fi /stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5642912>. Luettu 2.7.2012.

5 RoHS-direktiivi (RoHS sekä RoHS II). 2012. Verkkodokumentti. Teknologiateollisuus Ry. <http://www.teknologiateollisuus.fi/fi/a/rohs-direktiivi.html>. Luettu 4.5.2014.

6 What’s it all with vapor phase soldering?. 2009. Verkkodokumentti. Evertiq. <http://evertiq.com/news/14570>. Luettu 2.7.2012.

7 ASSCON VP3000 -esite.

8 Galden-nesteet. Verkkodokumentti. Perel Oy. <http://www.perel.fi/osastot /factoryautomation/materiaalit_Galden_nesteet.htm>. Luettu 8.12.2012.

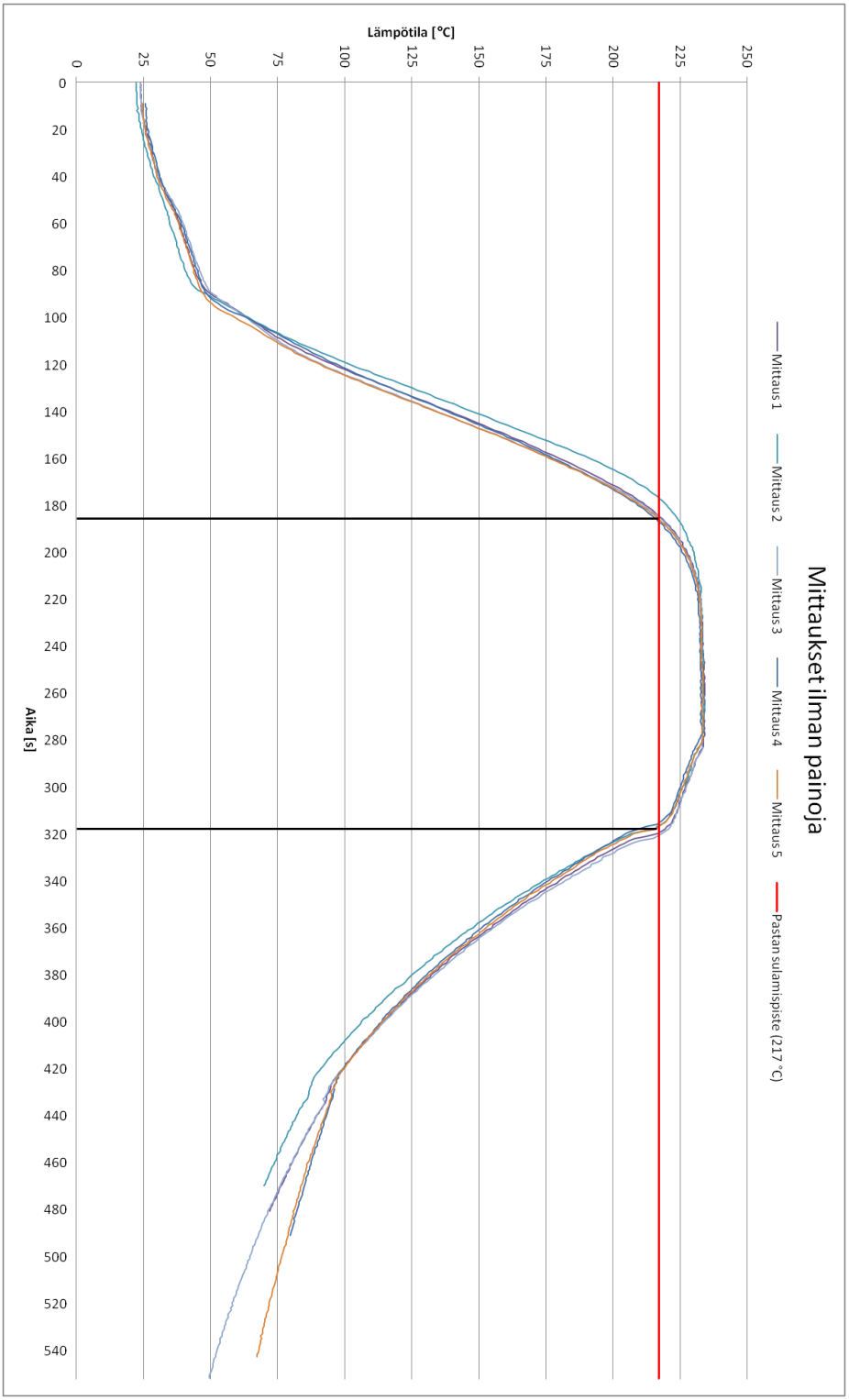
9 Termopari lämpötila-anturina. Verkkodokumentti. Pietiko Oy. <http://www.pietiko.fi/pietiko/sovellus/Termopari.pdf>. Luettu 25.3.2013.

10 Thermocouple. Verkkodokumentti. Instrumentation Today. <http://www .instrumentationtoday.com/thermocouple/2011/08/>. Luettu 19.3.2013

11 Woodate, Ralph W. 1996. The handbook of machine soldering: SMT and TH. 3rd ed. New York: Wiley & Sons, Inc.

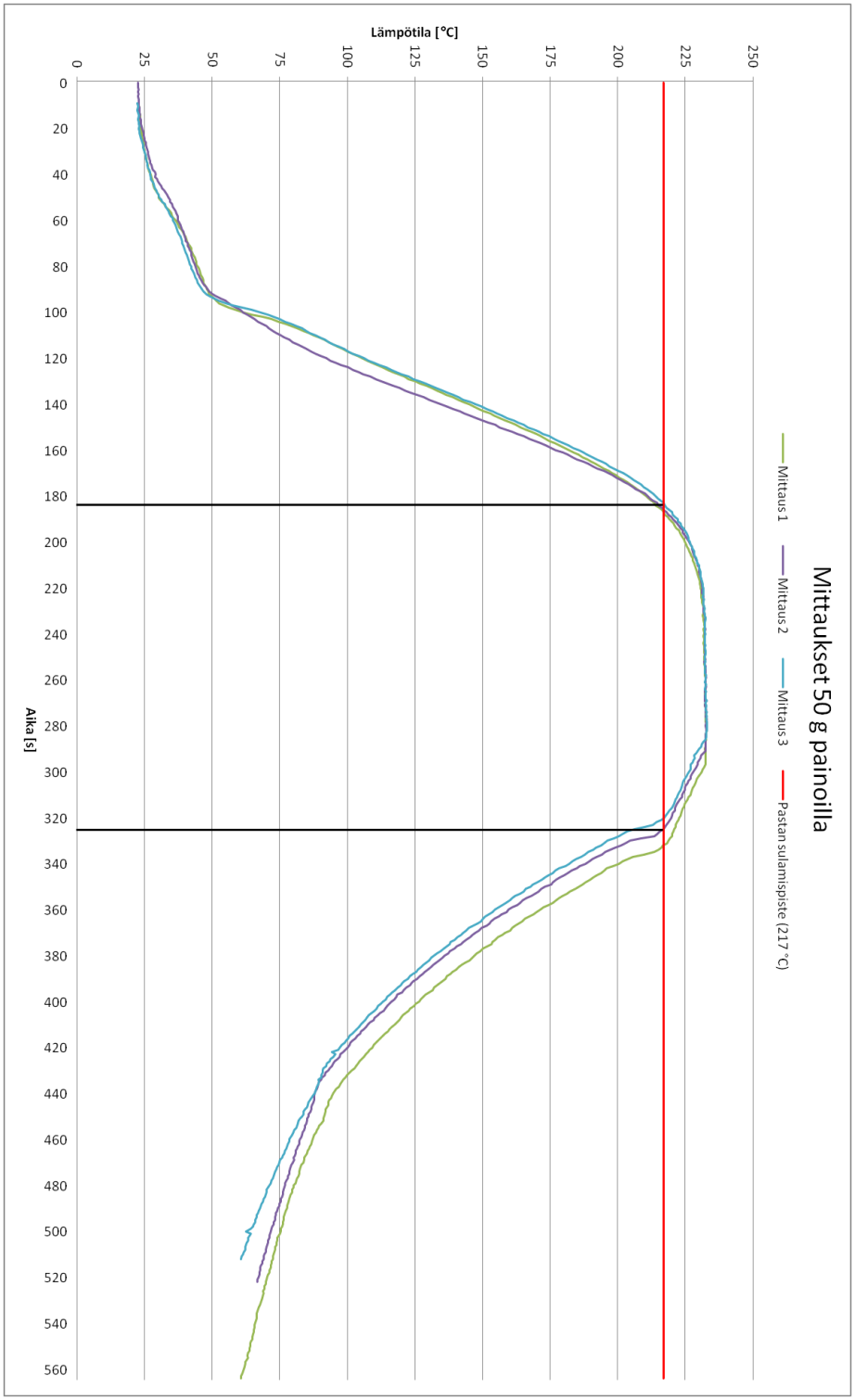
Mittaukset ilman painoja

Kuvassa 7 esitetty kuvaaja suurempana.



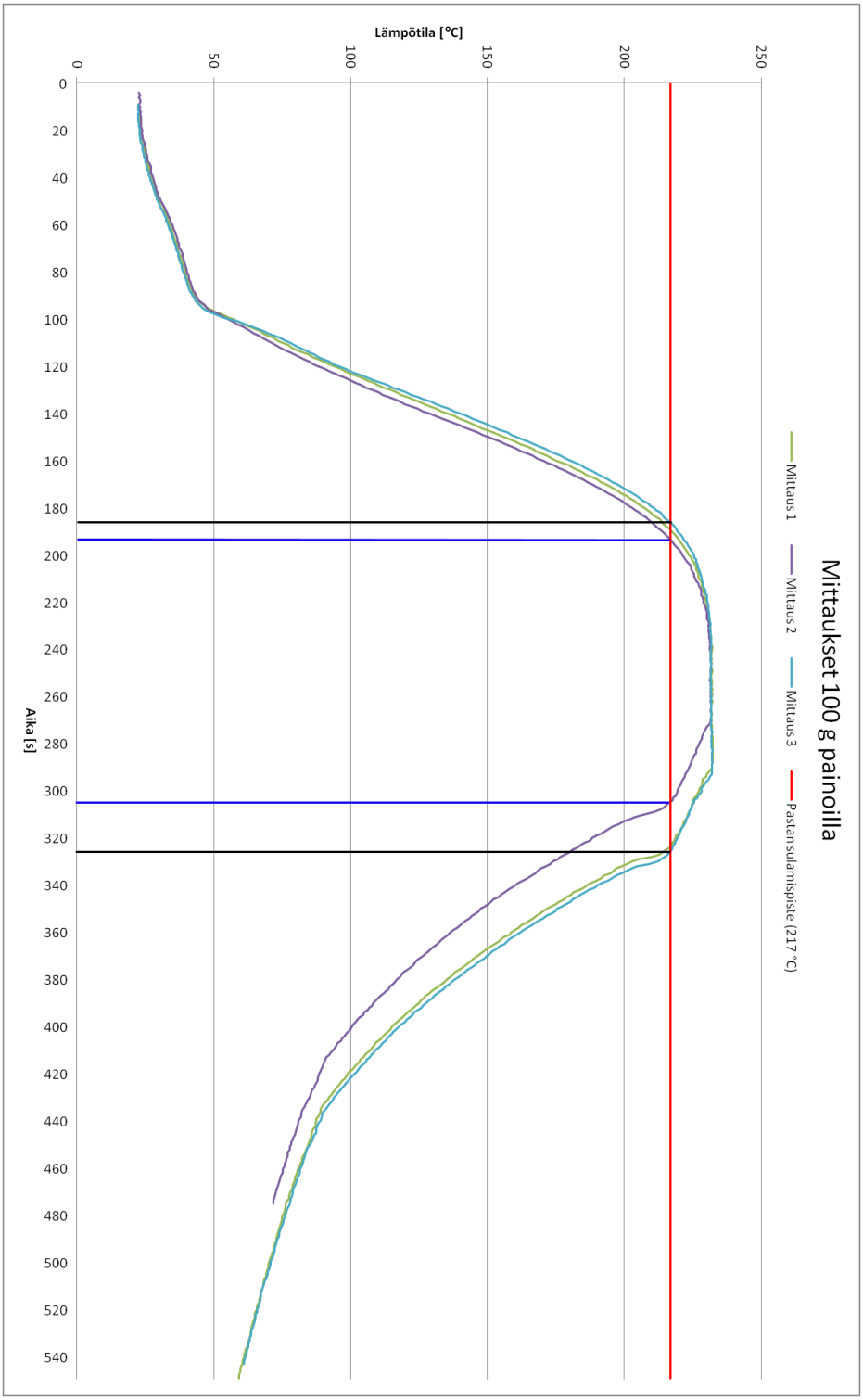
Mittaukset 50 g painoilla

Kuvassa 8 esitetty kuvaaja suurempana.



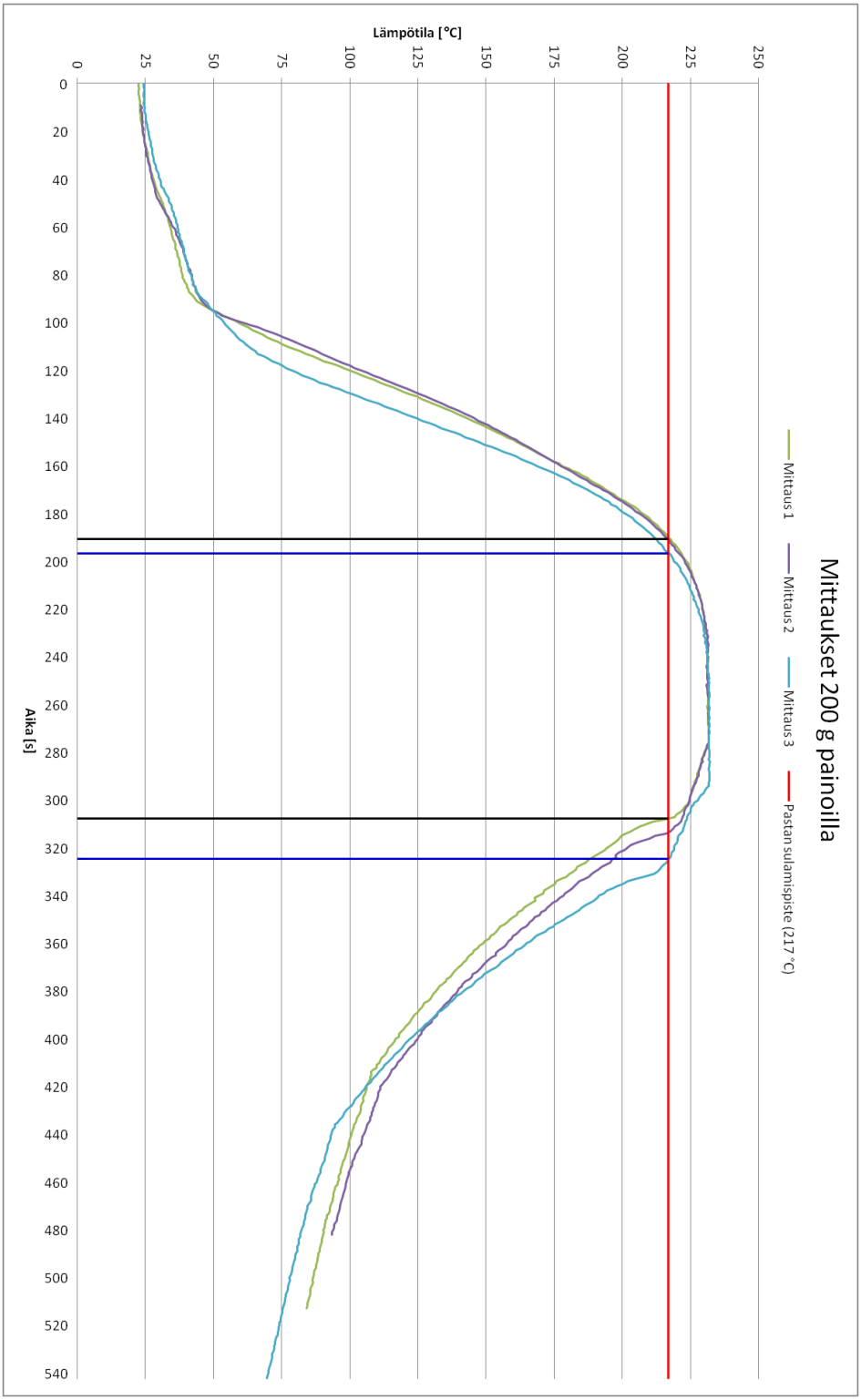
Mittaukset 100 g painoilla

Kuvassa 9 esitetty kuvaaja suurempana.



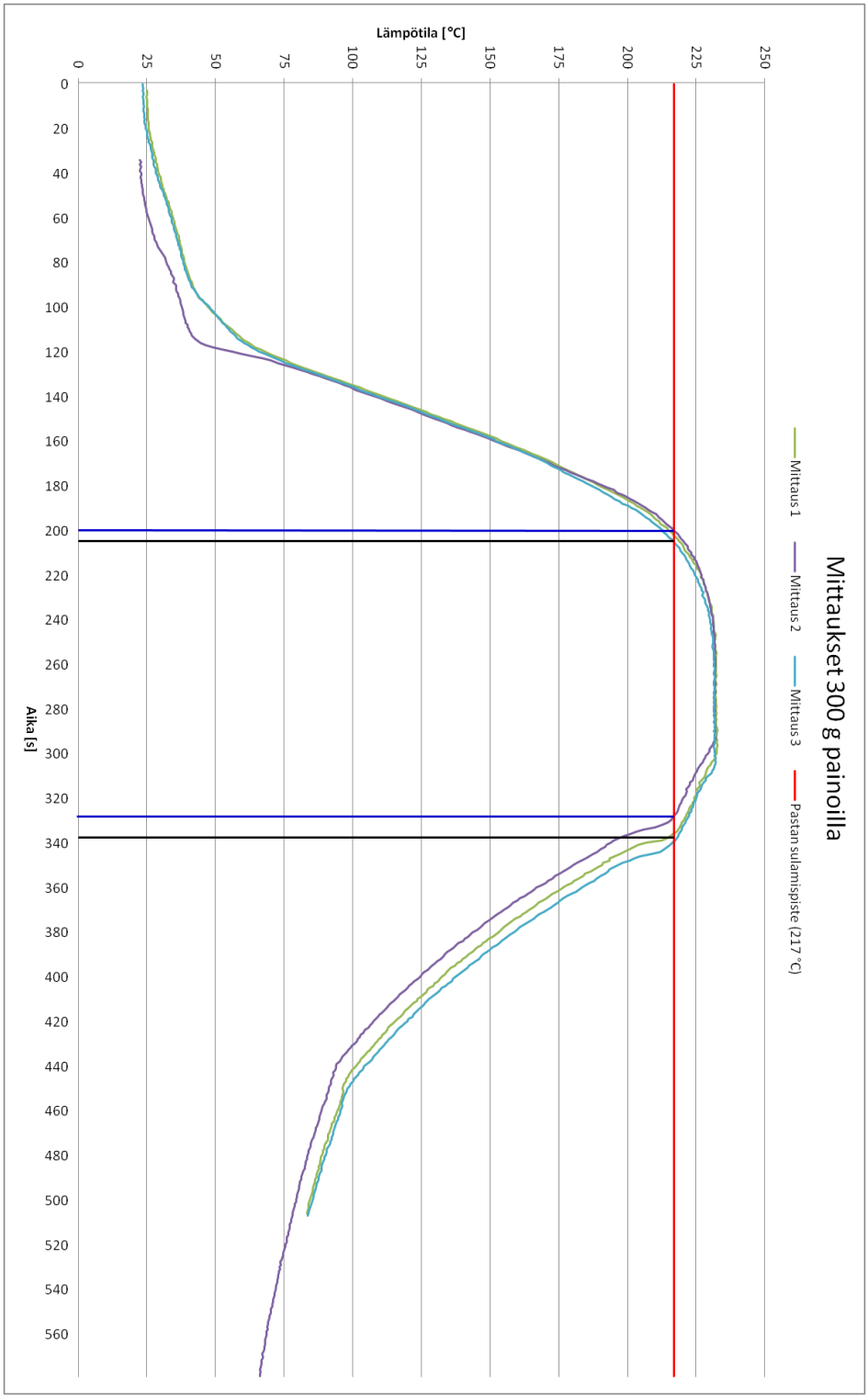
Mittaukset 200 g painoilla

Kuvassa 10 esitetty kuvaaja suurempana.



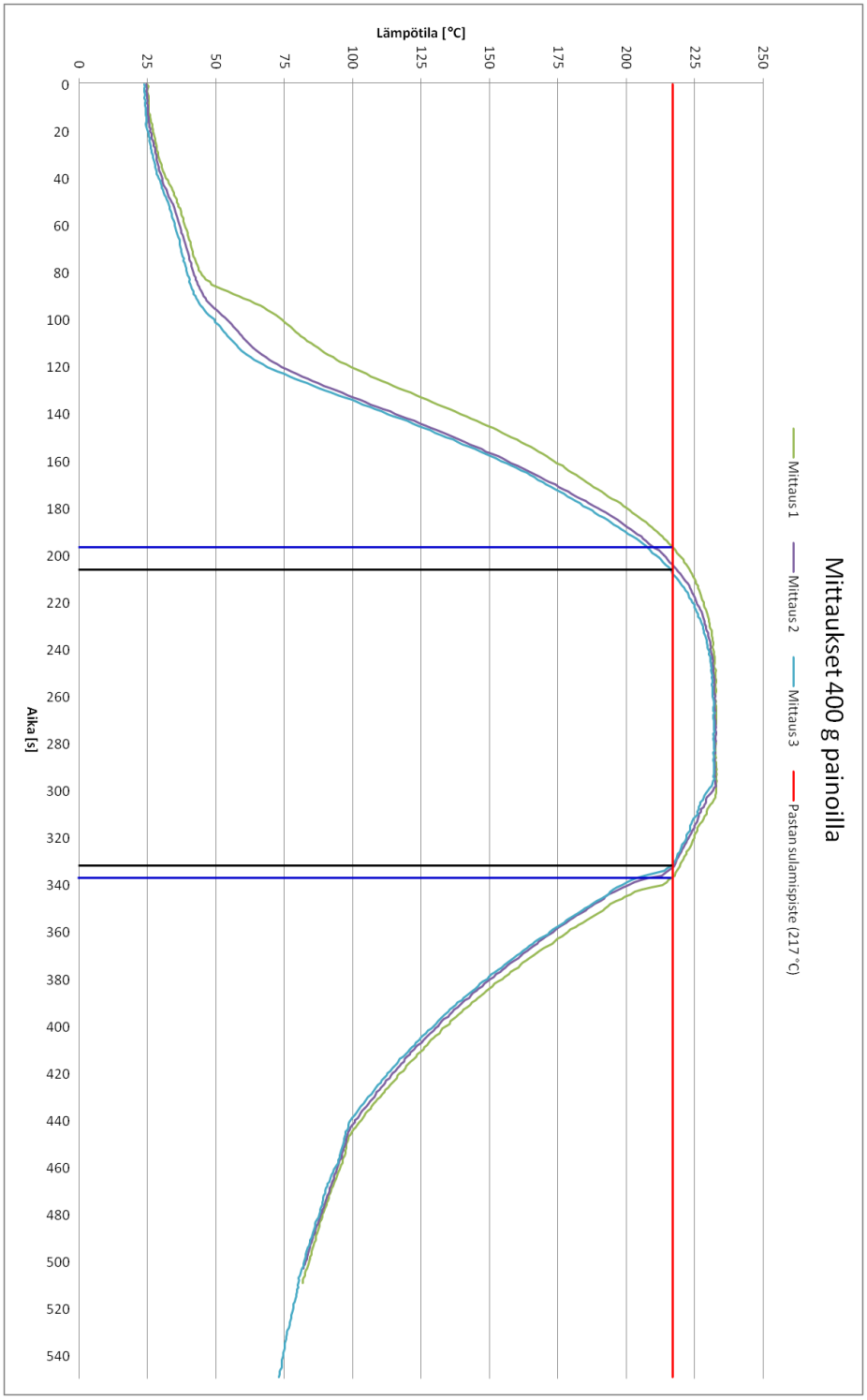
Mittaukset 300 g painoilla

Kuvassa 11 esitetty kuvaaja suurempana.



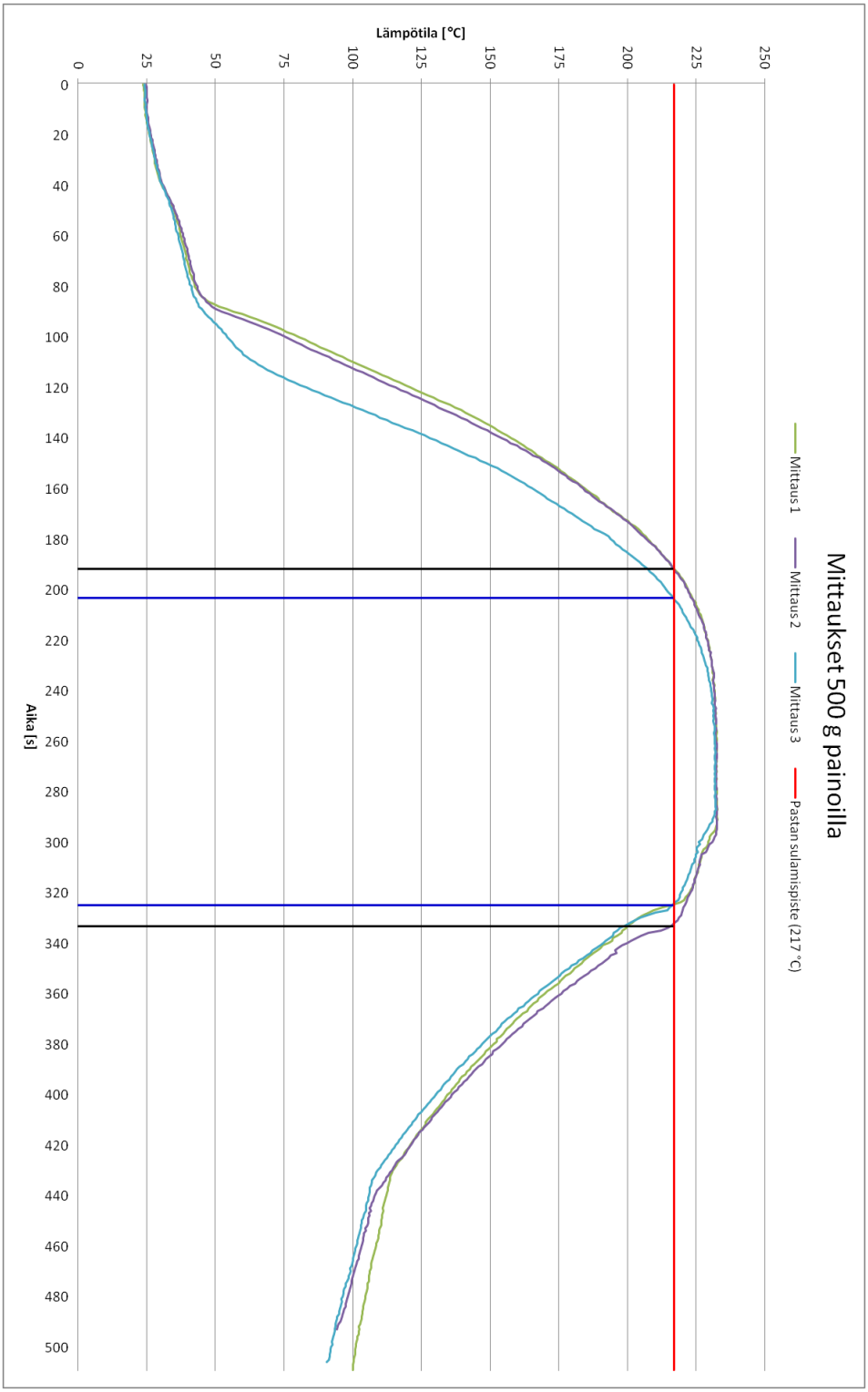
Mittaukset 400 g painoilla

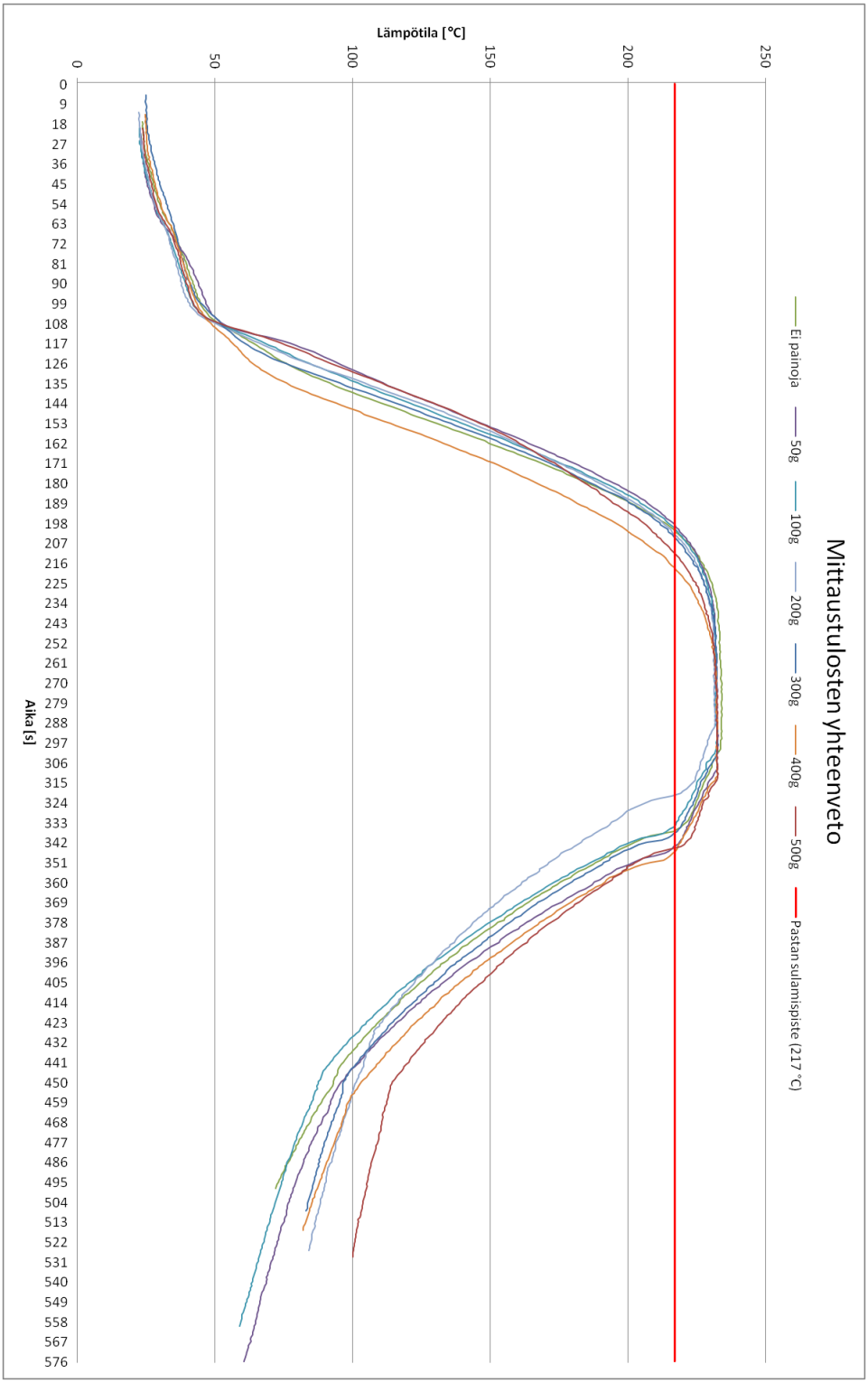
Kuvassa 12 esitetty kuvaaja suurempana.



Mittaukset 500 g painoilla

Kuvassa 13 esitetty kuvaaja suurempana.



Mittaustulosten yhteenveto

Kuvassa 14 esitetty kuvaaja suurempana.